

THESIS / THÈSE

MASTER IN BIOLOGY OF ORGANISMS AND ECOLOGY

Etude des populations de brèmes communes [*Abramis brama* (L.)] en haute Meuse belge

Flamant, Sylvain

Award date:
2004

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**FACULTES UNIVERSITAIRES NOTRE-DAME DE LA PAIX
NAMUR**

Faculté des Sciences

**ETUDE DES POPULATIONS DE BREMES COMMUNES [*ABRAMIS BRAMA* (L.)] EN HAUTE
MEUSE BELGE**

**Mémoire présenté pour l'obtention du grade de
licencié en Sciences biologiques**

Sylvain FLAMANT
Août 2004

Etude des populations de brème commune [*Abramis brama* (L.)] en haute Meuse belge.

Flamant Sylvain

Résumé

La densité de brème commune [*Abramis brama* (L.)] en Haute Meuse a été évaluée par la technique de marquage-recapture. Les résultats ont montré que la densité de brème en Haute Meuse est de 276 ± 14 individus/ha. La biomasse quant à elle avoisine les 131 ± 5 kg/ha. En comparaison avec d'autres données de biomasse issues de la littérature, nous constatons que la brème est relativement abondante en Haute Meuse [exemple : de 50 à 150 kg/ha pour des canaux irlandais (Tierney *et al.*, 1999)]. Toutefois, aucune étude des stocks de brèmes communes en Haute Meuse n'ayant été réalisée auparavant, notre étude se limite à une vision statique de la population.

Les paramètres de Von Bertalanffy ont été déterminés pour les brèmes mosanes. La valeur du L_{∞} est 86.6 cm et celles du K et du to sont respectivement 0.108 et -0.62.

Malgré l'utilisation de plusieurs techniques d'échantillonnage, les brèmes communes âgées de 4 et 5 ans semblent être peu fréquentes en Haute Meuse belge. Un problème de recrutement en 1999 et en 2000, dont l'origine nous échappe, pourrait être à l'origine de la faible abondance de ces classes d'âges.

Les entrées de brèmes du fleuve vers la noue de Tailfer peuvent être rassemblées en deux groupes : les individus dont la taille est inférieure à 400 mm et ceux dont la taille est supérieure à 400 mm. Il apparaît clairement que le deuxième groupe se dirige vers la noue dans un but reproductif. Contrairement à certaines données issues d'autres études, les brèmes d'âge 2+ à 4+ sont bien représentées dans la noue de Tailfer, ce qui semble infirmer le fait que la fréquentation des annexes par la brème est limitée à certaines classes d'âges précises.

Mémoire de licence en Sciences Biologiques

Août 2004

Promoteur : J-C Micha

Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix
FACULTE DES SCIENCES
Secrétariat du Département de Biologie
Rue de Bruxelles 61 - 5000 NAMUR
Téléphone: + 32(0)81.72.44.18 - Téléfax: + 32(0)81.72.44.20
E-mail: joelle.jonet@fundp.ac.be - <http://www.fundp.ac.be/fundp.html>

Populations study of the common bream [*Abramis brama* (L.)] in the high part of the river Meuse

Flamant Sylvain

Abstract

The density of population of the common bream [*Abramis brama* (L.)] where evaluated in the high part of the river Meuse using the mark-recapture technique. Results show an average density of $276 \pm 14/\text{ha}$ and an average biomass of $131 \pm 5 \text{ kg/ha}$. By comparison to the literature, we note that the common bream is relatively abundant in that part of the river. [example : from 50 to 150 kg/ha for Irish canals (Tierney *et al.*, 1999)]. However, Further studies are now necessary to investigate the evolution of the population.

The Von Bertalanffy's parameters (L_{∞} , K and t_0) where determined for the bream of the river Meuse. The L_{∞} value is 86.6 cm. Those of K and t_0 are, respectively, 0.108 and -0.62.

In spite the use of different sampling techniques, breams of 4 and 5 years old are scarce in that part of the river. As a possible explanation, we suggest a possible problem of recruitment in the year 1999 and 2000, but data are missing.

Incoming common breams from the River to the Tailfer's oxbow may be separated in the animals smaller than 400 mm and higher than 400 mm length. It clearly appears that the second group goes to the oxbow for breeding. Contrary to some data of the literature, breams from 2 to 4 years old where found in the studied oxbow. This observation suggest that frequentation of oxbows by the common bream is not limited to some precise age classes.

Mémoire de licence en Sciences Biologiques

Août 2004

Promoteur : J-C Micha

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon promoteur le professeur J-C Micha pour m'avoir accueilli dans son labo et pour m'avoir, tout au long de ses cours, conféré ce goût pour l'étude, la protection et le respect de la nature.

Je tiens également à remercier mes parents qui m'ont permis, à force de patience (...), de mener à bien ces études.

Un grand merci à Geof qui m'a accueilli dans l'univers inconnu des FUNDP, du début à la fin. Merci pour tous les services que tu m'as rendu pendant mon mémoire.

Sans Emilie je ne serais pas là, grâce à toi j'ai réussi ma première licence, mes examens de seconde licence ET j'ai eu 14 en repro des poissons ! Merci ma chérie pour ta patience et ta gentillesse !

Merci à tous les gens qui croyaient en moi et qui m'ont, directement ou indirectement, encouragé à faire ces études, sans lesquels je ne les aurais même jamais entamées. Avant tout mon meilleur ami Yves, qui, un jour en sortant d'une séance d'escalade, alors que je venais de lui dire que je voulais faire un graduat, m'a dit : « mais non, tente l'unif, t'en es capable ! » et voilà... , Béa et Christian, Mr Dumont, Mme Vanasse, Tante Ginou, parrain Jacques, Del et Sophie, bon papa,...

Un grand merci à tous les gens qui m'ont accompagné pour faire des pêches (et Dieu sait s'ils sont nombreux) ainsi que les gens qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre : Nicolas, Dimi, Victor, Laurent, Dédé, Greg, la filandreuse Jessica ;-), Frédéric, William, Jérèm, Blandoche, Virginie, Benja, Jérôme, Jonathan, Thomas, Sophie Depiereux, Emilie, François, Christelle, Patricia, Hugo, Marie-Astrid, David, Delphine G., Yves Mine, le prof Eric Depiereux, Claude.

Merci au professeur Patrick Kestemont, même s'il n'a pas voulu me dire où se trouvaient les coins à chanterelle, pour m'avoir aidé et conseillé dans le cadre de ce travail, et ce malgré un emploi du temps souvent fort chargé.

Merci à tous les gentils assistants de l'U.R.B.O. patients et passionnants ! Frédéric, Luc, Gersou (les anguilles n'ont pas de pattes), François et Anne-Laure.

Merci à l'incontournable Dédé qui m'a longtemps fait rire par la philosophie de son discours ! (Je cite) « Longue vie à l'aspro du peuple et pourvu qu'on ait l'ivresse » mais attention Dédé, n'oublie pas que le Seigneur a dit que « qui donne s'épuise » ! Tu vas me manquer...

Merci à tous les étudiants de 2^{ème} licence U.R.B.O. de l'année 2003-2004 pour leur gentillesse et leur humour, je vous aime tous : Imeldoche (hasta siempre !), Delphine ;-), Gene, ~~Emilia~~ **John**, ~~Helène~~, Jééroom, Benjamèn, dèmètrè (une bièèèèèrr ?) avec qui j'ai passé des moments de terrains inoubliables.

On ne peut pas citer tout le monde mais j'ai envie de dire que hein... bon... je ne voudrais pas louer celui qui m'a gratifié des plus beaux fous rires de mes études, Gérard.

Aux dernières années de ma vie où j'ai pu me marrer, maintenant je vais être sage, c'est promis !

Enfin, merci à tous les gens qui comptent pour moi, que je ne peux citer ici, faute de place, mais qui sont dans mon cœur, ils se reconnaîtront.

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

<u>Introduction</u>	1
<u>1.1 Présentation de l'espèce</u>	3
<u>1.2 Répartition géographique et régime alimentaire</u>	3
<u>1.3 Reproduction</u>	4
<u>1.4 Dynamique de population</u>	5
<u>1.4.1 Généralités</u>	5
1.4.1.1 L'intérêt d'attribuer un âge.....	5
1.4.1.2 Détermination de l'âge d'un poisson : Méthodologie et fonctionnement physiologique.....	5
1.4.1.3 Facteurs d'erreurs.....	5
1.4.1.4 Nettoyage des écailles.....	6
<u>1.4.2 Croissance</u>	6
1.4.2.1 La brème en général.....	6
1.4.2.2 Différents types de profil de croissance et facteurs de conditions.....	6
1.4.2.3 Croissance et productivité du milieu.....	8
1.4.2.4 Croissance et population zooplanctonique.....	9
<u>1.4.3 Variabilité des indices de conditions et autorégulation de la croissance</u>	9
<u>1.3 Occupation de l'espace</u>	10
<u>1.4 Migrations</u>	11
<u>1.4.1 Migrations longitudinales</u>	11
<u>1.4.2 Migrations latérales</u>	11
1.4.2.1 Migration de brèmes en milieu lacustre.....	11
1.4.2.2 Migrations de cyprinidés dans les annexes : particularité de la brème.....	12

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

<u>2.1 Localisation géographique et description des milieux</u>	17
<u>2.2 Populations de brème en Haute Meuse</u>	18
<u>2.2.1 Relation poids-longueur et facteur de condition</u>	18
2.2.1.1 Relation poids-longueur	18
2.2.1.2 Facteur de condition	18
<u>2.2.2 Paramètres de dynamique de population</u>	18
<u>2.2.3 Estimation d'une densité de poisson</u>	20
2.2.3.1 Généralités	20
2.2.3.2 Le modèle de Petersen (Begon, 1980)	21
2.2.3.3 La méthode de Schnabel (Begon, 1980)	22
2.2.3.4 : Application en Haute Meuse	24
<u>2.3 La brème et les noues</u>	25
<u>2.3.1 Migration entre le fleuve et la noue</u>	25
2.3.1.1 Passage des poissons du fleuve vers la noue	25
2.3.2.2 Population présente dans la noue	25
2.3.2.3 Passage des poissons de la noue vers le fleuve	26

Chapitre 3 : Résultats

<u>3.1 Paramètres de dynamique de population</u>	27
<u>3.1.1 Relation poids-longueur et facteur de condition</u>	27

<u>3.1.2 Paramètres de Von Bertalanffy et relation âge-longueur</u>	28
<u>3.1.2.1 Rétro-calcul</u>	28
<u>3.1.2.2 Droite de Ford-Walford</u>	30
<u>3.1.2.3 Droite de Von Bertalanffy et relation âge-longueur</u>	30
<u>3.1.3 Efficacité et sélectivité des engins de capture</u>	32
<u>3.1.1.1 Efficacité des engins de capture</u>	32
<u>3.1.1.2 Sélectivité des engins de capture par rapport au</u> <u>marquage</u>	32
<u>3.1.1.3 Sélectivité des mailles de filets</u>	33
<u>3.1.4 Distribution fréquence-taille des brèmes communes</u>	33
<u>3.1.4.1 Distribution fréquence-taille des brèmes capturées</u> <u>aux filets maillants</u>	33
<u>3.1.4.2 : Comparaison des distributions fréquence-taille des brèmes</u> <u>achetées et des brèmes mosanes</u>	34
<u>3.1.4.3 Comparaisons des 3 distributions fréquence-taille des brèmes</u> <u>capturées</u>	35
<u>3.2 Evaluation du stock de brèmes en Haute Meuse</u>	35
<u>3.2.1 Evaluation du stock selon la méthode de Schnabel</u>	35
<u>3.3 La brème et les noues</u>	37
<u>3.3.1 Entrée des poissons dans la noue</u>	37
<u>3.3.1.1 Entrées de différentes classes de tailles</u>	37
<u>3.3.1.2 Entrée de poissons présentant des boutons nuptiaux</u> ...	38
<u>3.3.1.2 Comparaison de la biomasse de brèmes entrant dans la noue</u> <u>et de la biomasse en Meuse</u>	38
<u>3.3.2 Sortie de l'annexe et population présente dans la noue</u>	38
<u>3.3.3 Biomasse présente dans la noue</u>	39

Chapitre 4 : discussion

<u>4.1 Paramètres de dynamique de population</u>	40
<u>4.2 Efficacité et sélectivité des engins de capture</u>	41
<u>4.3 Distribution fréquence-taille des brèmes mosanes</u>	42
<u>4.4 Evaluation du stock de brème en haute Meuse</u>	42
<u>4.5 La brème et les noues</u>	43

Chapitre 5 : Conclusions et perspectives.....44

Références bibliographiques.....46

Première partie:
synthèse bibliographique

Introduction

Considéré par les pêcheurs comme un destructeur des populations ichthyologiques (Soyeur, 2004 ; Chermanne *com. Pers.*) et comme une aubaine par les ornithologues et défenseurs de la nature, le grand cormoran, et plus particulièrement sa variété continentale *Phalacrocorax carbo sinensis* Blum., fait parler de lui en Europe. Estimé comme étant pratiquement éteint il y a moins de quarante ans (Paquet, 2000) de par les vagues de persécution dont il était l'objet, cette espèce a vu ses effectifs croître de façon exponentielle depuis le début des années 80. Cette croissance démographique faisait notamment suite à la directive européenne de 1979 (directive 79/409 relative aux oiseaux sauvages) destinée entre autres à la protection de cette espèce (Trollet, 1999).

La problématique du grand cormoran battant son plein, les pêcheurs demandent des études concernant l'état des populations de poissons dans différentes rivières belges, notamment dans la Meuse (Micha *com. Pers.* ; Chermanne *com. pers.*). De précédents travaux ont déjà été menés dans ce fleuve sur le gardon par Didier & Micha (1996) et Evrard & Micha (2003). Ces auteurs en ont conclu que les populations de gardons sont stables en haute Meuse et ne subissent pas d'impact significatif suite à la prédation aviaire. En effet, la densité de gardon est passée de 1993 à 2002, de 230 à 225 kg par ha (Evrard & Micha, 2003), et ce malgré un arrêt, à titre expérimental, des repeuplements en 1996 (ce repeuplement ne constituait en fait qu'un faible pourcentage de la biomasse en place : 1,6 % (Didier & Micha, 1996)).

Mais qu'en est-il de la brème commune? Nous proposons dès lors une étude portant sur ce poisson. Ce travail a deux buts principaux : l'étude de la dynamique de population, ainsi que la caractérisation des migrations vers les annexes. Les annexes sont le terme général choisi dans le cadre de ce travail pour définir tout plan d'eau calme en connexion, permanente ou temporaire, avec le chenal principal. Bien que le terme « noue » sera parfois utilisé, seront généralement regroupés sous le terme « d'annexe » : les noues, la plaine inondable, les « oxbows », etc.

Beaucoup de scientifiques affirment que des études sur la dynamique de population de poissons en milieu naturel nécessitent l'évaluation du stock du poisson concerné cela permettant, ultérieurement, d'apprécier son évolution (ex. Tarbe, 2002). Pour évaluer les densités de poissons dans de grandes rivières, comme la Meuse en Belgique, la seule technique applicable est la technique de marquage-recapture. Pour ce faire, nous avons donc acheté des brèmes à un pisciculteur que nous avons marquées et relâchées dans la Haute Meuse. Les paramètres de croissance des brèmes achetées et ceux des brèmes de Meuse seront comparés, via les études scalimétriques.

Dans le but d'optimiser les chances de recapture, toutes les techniques de pêche applicables à cet endroit de la Meuse seront utilisées (nasse entre la Meuse et l'annexe de Tailfer, piège à l'échelle de Tailfer, filets maillants et électricité).

Nous étudierons également les migrations de brèmes vers les annexes et, plus précisément, vers la noue de Tailfer. Les brèmes semblent avoir une particularité vis-à-vis des

autres espèces : leur capacité à développer des stocks permanents dans les annexes. Cette particularité leur permet d'être à coup sûr dans l'annexe au moment du frai. En effet, certaines annexes ne sont en connexions avec le cours principal qu'au moment des crues. S'il n'y a pas de crue au moment du frai, les poissons ne peuvent donc pas aller frayer dans l'annexe et le succès de la reproduction peut être amoindri (Molls, 1999 ; Grift *et al.*, 2001).

D'après Grift *et al.* (2001) et Molls (1999), on ne trouve dans les annexes que des juvéniles d'âge 1+ à 2+ et des adultes sexuellement matures, de taille supérieure à 30 cm. Aucun poisson d'âge 2+ à 4+ n'est présent dans les annexes. Ces affirmations sont toutefois contredites par Hohausová (2003), selon lequel il n'y a aucun lien direct entre la classe de taille et l'activité migratoire de ces poissons, du moins dans le cadre de son étude qui portait sur une annexe de la rivière Morava en République Tchèque. Nous évaluerons donc les entrées et sorties de brèmes, afin de voir si celles-ci semblent y développer des stocks permanents, et si leurs passages sont réellement limités à certaines classes de taille.

Enfin, le recrutement sera évalué en effectuant une pêche standardisée conformément aux pêches effectuées par Tans (2000). Nos résultats seront comparés aux siens pour tenter de mettre en évidence l'évolution du recrutement.

Les questions qui se posent dès lors sont :

- Quelle sont les densités et biomasse de brème en Haute Meuse ?
- Quelle est la fraction du stock mosan qui migre vers la noue de Tailfer ? Les brèmes ont-elles tendance à migrer vers la noue de Tailfer afin de s'y reproduire, pour y trouver une zone refuge ou simplement par hasard ?
- Les brèmes semblent-elles développer des stocks permanents dans les annexes ?

Autant de questions auxquelles nous tenterons de répondre.

Le présent document commence par une synthèse bibliographique relative à la brème commune. Il s'en suivra la description du matériel et des méthodes utilisées pour la partie technique de l'étude. Nous présenterons ensuite les résultats et discuteront ces derniers. nous terminerons par une conclusion générale et les perspectives.

Cette étude est d'autant plus intéressante que les données sur la brème sont rares (Barras, *com. Pers.* et *exp. Pers.*), ce qui ne facilite pas la recherche bibliographique, mais rend le travail d'autant plus attrayant.

Chapitre 1: Synthèse bibliographique

1.1 Présentation de l'espèce



Systématique

Classe : Actinoptérygiens
Ordre : Cypriniformes
Famille : Cyprinidés
Genre : *Abramis*
Espèce : *Abramis brama* (L.)

La brème commune (*Abramis brama*) est un poisson dulcicole d'eau fraîche, que l'on qualifie de stagnophile. Il appartient à la famille des Cyprinidés, que l'on regroupe généralement sous le nom vernaculaire de « cyprins ». Les exemples de cyprins sont multiples, il en existe environ 275 genres incluant quelques 2000 espèces. La brème est représentée naturellement partout dans le monde, excepté en Amérique du Sud et en Australie. La brème, dont le critère de distinction le plus fiable vis-à-vis des autres cyprins est sa longue nageoire anale (Wheeler, 1978), présente un intérêt socio-économique important pour la pêche récréative, non seulement en Haute-Meuse belge mais aussi en d'autres points d'eau de pays plus éloignés, comme par exemple les lacs de Pologne (Szczerbowski, 1995).

1.2 Répartition géographique et régime alimentaire

La brème commune est ubiquiste en Europe Centrale et de l'Est. On la retrouve également par endroit en Europe du Nord (Szczerbowski, 1995). En Belgique, elle fait l'objet de pêche récréative dans les fleuves, les canaux, les lacs et les étangs (*exp. pers.*), mais on la trouve aussi, à moindre densité toutefois, dans la zone à truites ou zone à ombres (Huet, 1949) des petites et moyennes rivières (Szczerbowski, 1995). Les populations de brèmes peuvent parfois être fortement affectées par les pêcheries. En Hollande, une étude a démontré que la population de brèmes communes est passée dans un point d'eau donné de 100 à 20 kg par ha en 5 années de pêches. La mortalité causée par la pêche fut estimée à 38% de la mortalité totale des brèmes de tailles supérieure à 15cm. Dans le cadre de cette étude les pêches étaient effectuées par chalutage d'une surface donnée, les poissons étaient ensuite pesés et mesurés.

Les densités totales de ces derniers étaient évaluées par extrapolation de la surface pêchée à la surface totale du lac concerné (Lammens *et al.*, 2002).

La brème, comme d'autres cyprins, tels que la carpe *Cyprinus carpio* L., effectue pour se nourrir un comportement dit de « broutage », qui consiste à prendre un peu de substrat du fond en bouche et à le triturer de manière à en extraire les éventuelles fractions de nourriture. Les jeunes poissons (moins de 15 cm) se nourrissent principalement d'organismes planctoniques comme des Cladocères et des Copépodes (Szczerbowski, 1995). Plus tard dans son développement, le régime de la brème est plus varié : il est composé principalement de Chironomidés, mais aussi d'autres invertébrés benthiques comme des mollusques et des crustacés (Szczerbowski, 1995 ; Kangur, 1996).

Si la phase planctivore de la brème concerne principalement les stades juvéniles, les poissons adultes peuvent également se nourrir en quantité non négligeable de zooplancton de grande taille comme des cladocères (Matenova *et al.*, 1998 ; Jeppesen *et al.*, 2004).

L'activité de la brème est maximale en été et fortement réduite en hiver, où elle peut s'enfoncer dans la vase à une profondeur de 15 cm. Elle ne se nourrit alors quasiment plus et peut perdre jusqu'à 16 % de son poids en puisant dans ses réserves (Szczerbowski, 1995).

1.3 Reproduction

La maturité sexuelle de la brème est atteinte à des âges différents en fonction de la température moyenne annuelle de l'eau dans laquelle elle évolue. Ainsi, elle atteint l'âge de première maturité dès la 4^{ème} à la 6^{ème} année dans nos régions, ce qui signifie qu'elle commence à se reproduire à l'âge de 4 ou 6 ans, tandis que celui-ci n'est atteint qu'entre la 4^{ème} et la 11^{ème} année en Pologne, où les eaux sont naturellement plus froides (Szczerbowski, 1995).

En période de frai, les mâles brèmes adultes ont, comme d'autres cyprins, des boutons nuptiaux sur le corps. Les œufs sont déposés préférentiellement sur un substrat végétal (macrophytes), où ils sont fixés par une substance collante, puis fécondés par les mâles. La ponte peut également s'effectuer sur un autre substrat, comme de la roche par exemple. La brème est dès lors qualifiée de « phytolithophile » (Mann, 1996).

La reproduction a lieu quand la température de l'eau est comprise entre 12 et 20°C, elle s'étend d'avril à juillet en fonction du climat de la région (Szczerbowski, 1995). En Belgique, une étude a montré que le frai de la brème se déroule en avril-mai en Meuse Liégeoise (Philippart *et al.*, 1996).

Les sites idéaux pour le frai sont les plans d'eau stagnante comme la plaine inondable ou les annexes. Cela est dû à plusieurs facteurs : 1) la faible turbidité des eaux, qui permet aux larves de rester en place malgré leur faible capacité de nage, 2) la présence d'une abondante végétation, idéale pour la ponte, 3) des densités de plancton plus élevées, pour une bonne nutrition des larves, etc.

Dans le fleuve principal, les seuls endroits offrant une turbidité modérée sont les perrés, c'est-à-dire les berges composées de gros enrochements, bien que le battement des vagues et les courants de reflux ne les rendent pas aussi favorables au développement des larves que les annexes du fleuve (Grift *et al.*, 2001).

1.4 Dynamique de population

1.4.1 Généralités

1.4.1.1 L'intérêt d'attribuer un âge

L'attribution d'un âge à un poisson est très utilisée dans la gestion des pêcheries pour préciser le niveau d'exploitation optimum de celle-ci (par exemple, la taille minimale de capture pour obtenir un rendement maximal soutenable). L'âge est également nécessaire pour définir les paramètres de dynamique de population, comme les composantes de l'équation de Von Bertalanffy par exemple.

1.4.1.2 Détermination de l'âge d'un poisson : Méthodologie et fonctionnement physiologique

L'estimation de l'âge d'un poisson peut se faire notamment par l'examen de structures osseuses telles que les opercules, les écailles ou les otolithes. La plupart des auteurs utilisent les écailles, car celles-ci ne nécessitent pas le sacrifice du poisson (Didier & Micha, 1996).

Une écaille est composée de plusieurs parties morphologiquement distinctes : au centre de celle-ci se trouve le foyer. Sa structure est basée sur deux couches : l'inférieure, transparente et régulière, et la supérieure, faite de nombreuses crêtes superposées concentriquement autour du foyer : les circuli. Les fluctuations de l'activité physiologique du poisson faisant suite aux variations saisonnières de température induisent des modifications périodiques dans la structure de ces pièces osseuses. En réalité, la minéralisation, et plus particulièrement la calcification, des écailles n'est pas proportionnelle à la concentration du calcium dans l'eau, mais elle est le reflet de l'activité métabolique du poisson (Ombredanne, 1992). La croissance du poisson étant plus élevée en été, la distance entre les circuli augmente, et inversement en hiver (De Bont, 1967). Un groupe de circuli resserrés définit un annuli (Ricker, 1971) et le comptage de ceux-ci permet de déduire l'âge du poisson concerné. Un poisson ne possédant pas d'annuli est qualifié de 0+, s'il possède une marque est qualifié de 1 et si celle-ci est dépassée l'âge qu'on lui attribue sera 1+, et ainsi de suite (Didier & Micha, 1996). La figure 1.1 illustre quelques écailles de brèmes communes.

1.4.1.3 Facteurs d'erreurs

Il faut toutefois se méfier des « faux annuli ». Un stress, tel qu'une manipulation trop longue du poisson par exemple, une maladie, etc. peuvent causer des marques sur les écailles que l'on peut prendre pour des annuli de croissance. Dans ce cas, on risque d'attribuer au poisson un âge plus avancé que celui qu'il possède réellement. S'il n'est pas toujours évident de discerner un annuli de croissance d'un faux annuli, l'habitude est sans doute le meilleur moyen de ne pas les confondre. Les annuli de reproduction peuvent aussi induire en erreur. La fabrication de la vitellogénine, une hormone impliquée dans le frai, entraîne également des marques inhabituelles. Cette hormone nécessite une grande quantité de calcium qui est notamment prélevé dans les écailles des poissons (Ombredanne, 1992).

1.4.1.4 Nettoyage des écailles

Si la lecture d'écailles en vue de la détermination de l'âge et des paramètres de dynamique de population qui en découlent semble simple, il n'en est pas toujours de même d'un point de vue pratique. En effet, les étapes qui permettent de déterminer l'âge à partir d'écailles (nettoyage, montage entre lame et lamelle et visualisation) sont très variées et richement diversifiées. Pour la visualisation des écailles, le matériel utilisé va d'une simple loupe (Hellawell, 1969) à un microscope relié à un programme informatique (Treer, 2003). Les différents *annuli* ne sont pas toujours très bien différenciés et il en résulte une lecture et une interprétation difficile (Carlander, 1997). Chaque poisson possède des écailles ayant une forme typique. La figure 1.1 illustre quelques écailles de différents âges chez la brème (Steinmetz, 1991).

1.4.2 Croissance

1.4.2.1 La brème en général

La croissance des poissons dépend de plusieurs facteurs environnementaux comme l'accès à la nourriture, la température, la disponibilité de divers habitats aux différents stades de vie, etc. (Matenova *et al.*, 1998). La croissance de la brème est relativement lente, en Pologne, il faut environ 10 ans pour qu'une brème atteigne une masse de 1 kg (Szczerbowski, 1995). En Belgique, la brème fait l'objet d'élevage extensif ou semi-extensif, non pas à des fins alimentaires, mais principalement à des fins de repeuplement d'étangs et de rivières pour la pêche récréative (Henry *com. Pers.*). Les brèmes peuvent atteindre un âge relativement élevé, comme dans le lac Peipsi, en Estonie, où des brèmes âgées de 22 ans ont été trouvées (Kangur, 1996).

1.4.2.2 Différents types de profil de croissance et facteurs de conditions

Les constantes des paramètres de croissance de Von Bertalanffy peuvent être très variables chez la brème. Ainsi, on trouve des valeurs de L_{∞} et K de respectivement 45.9 cm et 0.12 dans le lac Balaton en Hongrie (Dauba & Biro, 1992), alors qu'on trouve des valeurs de L_{∞} et K de respectivement 125 cm et 0.045 dans la Vistule en Pologne (Pauly, 1979) en passant par des valeurs moyennes de 94.0 et 0.053 (Backiel & Zawisza, 1968) dans les lacs d'Allemagne.

Zivkov *et al.* (1999) ont travaillé sur les paramètres de dynamique de population chez la brème. Ils ont défini, pour différents stocks de brèmes, 4 types de croissance chez cette espèce : le premier type a un L_{∞} allant jusqu'à 59 cm, le second possède un L_{∞} compris entre 60 et 80 cm et les deux autres ont des L_{∞} sans valeur biologique ($L_{\infty} > 100$ cm). Ils affirment que les variations dans les différents profils de croissance sont liés à plusieurs facteurs, dont la productivité du milieu et le degré d'alcalinité des eaux.

Treer et ses collaborateurs (2003) menèrent une étude portant sur la portion croate du Danube. Elle avait pour but de définir le type de croissance, parmi les 4 types définis par Zivkov et ses collaborateurs (1999), suivi par les brèmes dans ce fleuve. Dans cette section du Danube, deux types de pêcheries sont présentes : les pêcheries récréatives, c'est-à-dire les pêcheurs à la ligne, et les pêcheries commerciales.

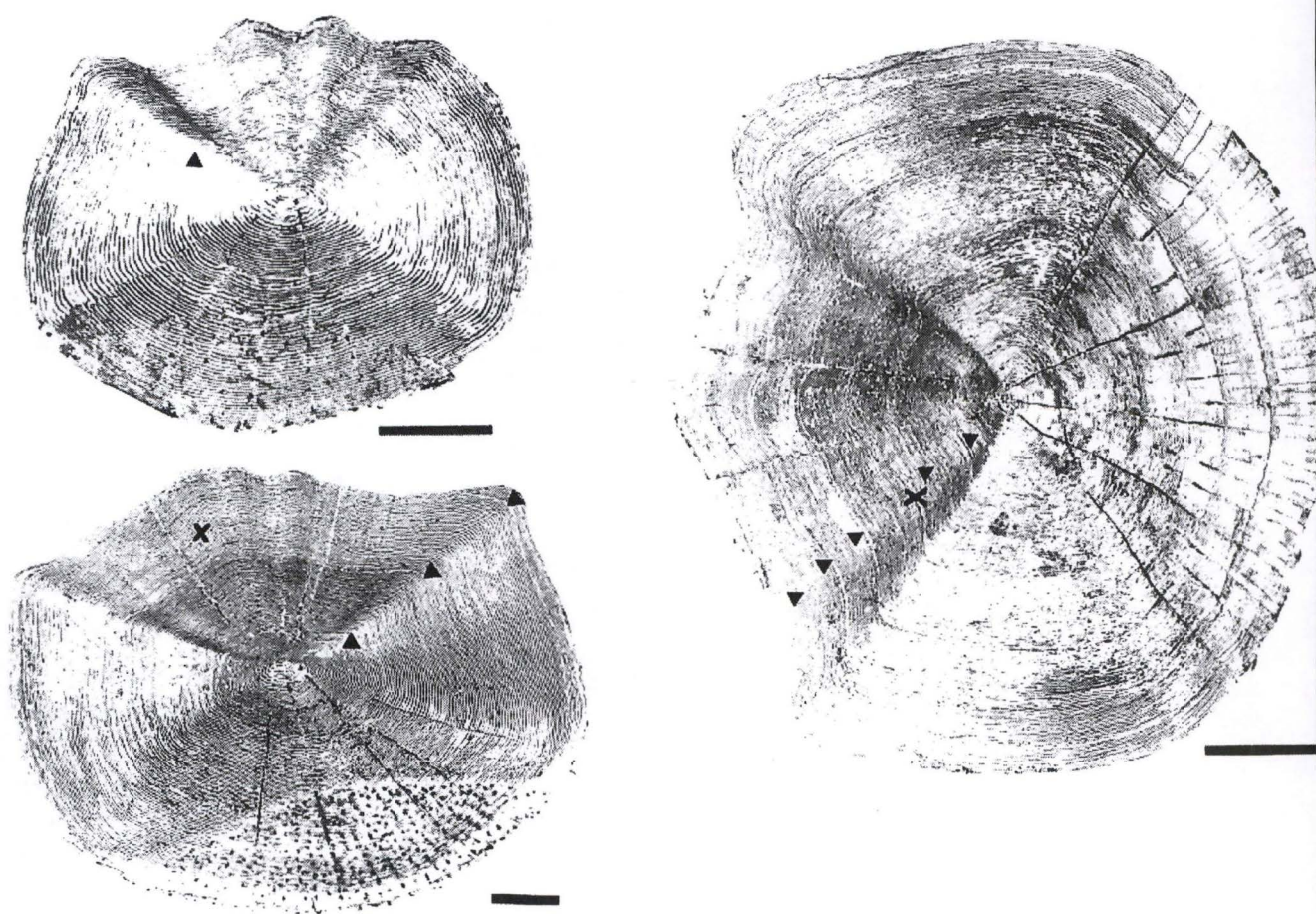


Figure 1.1 : Ecailles de brèmes communes. En haut à gauche : age 1+. En bas à gauche : age 3+. A droite : age 5+. Les croix représentent des faux annuli (Steinmetz B., 1991).

Treer *et al.* (2003) ont prélevé 59 poissons hors d'une pêcherie commerciale. Ils les ont pesés et mesurés afin d'établir la relation poids-longueur ($W = aL^b$) (figure 1.2).

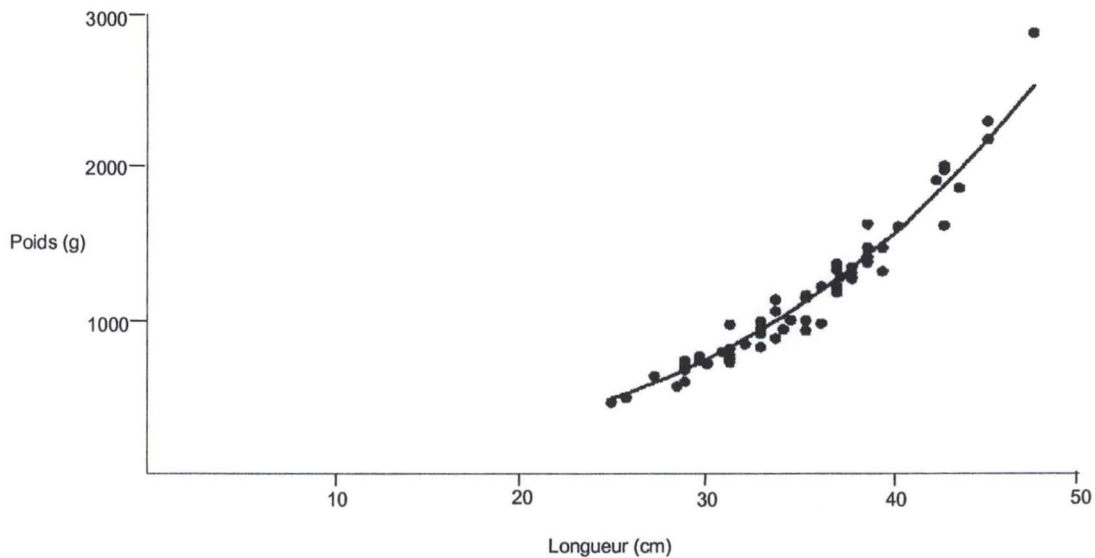


Figure 1.2 Un exemple de relation poids-longueur chez la brème commune. D'après Treer (2003).

Des écailles ont été conservées afin de déterminer l'âge des brèmes par la méthode de rétro-calcul. L'équation de Von Bertalanffy ($L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$) fut utilisée pour définir les paramètres de croissance en longueur. Le facteur de condition, K , a été établi selon la formule :

$$K = \frac{W(g) \cdot 100}{L^3(cm)}$$

En réalité, le facteur de condition K est une comparaison entre le poids du poisson et sa longueur, ce qui reflète donc la condition, c'est-à-dire la forme du poisson. Enfin, La fonction phi-prime ($\phi' = \ln K + 2 \ln L_\infty$) leur a servi à définir les performances de croissance (Treer *et al.*, 2003). Elle permet, pour une même espèce, de comparer deux modèles de croissance issus de deux régions différentes et de mettre en évidence ce qu'ils ont en commun (Pauly, 1997). Si un poisson ne change pas de forme au cours de sa vie, le rapport W / L^3 , c'est à dire le facteur de condition calculé selon la méthode de Fulton, reste à peu près constant. Dans ce cas, la croissance est qualifiée d'« isométrique ». L'exposant b est dès lors proche de 3. Dans le cas contraire, si K varie au cours de la vie du poisson, la croissance est dite « allométrique » (Ricker, 1971).

Dans l'étude réalisée par Treer *et al.* (2003), les valeurs des constantes dans la relation poids-longueur sont : $W = 2,4 \cdot 10^{-5} L^{3,01}$, et celles-ci sont hautement significatives ($p < 0,01$). Les valeurs des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy sont : $L_t = 57,7 (1 - e^{-0,087(t + 0,885)})$. Le facteur de condition est de $2,44 \pm 0,24$, ce qui indique que, dans cette section du Danube, les brèmes y sont nourries abondamment, et la croissance qu'elles y suivent est celle

du type 1 définit par Zivkov *et al.* (1999), avec un L_{∞} inférieur à 59 cm. La valeur de ϕ' est de 5,67. Cette valeur est très proche de celles obtenues par ces scientifiques dans d'autres localités (Treer *et al.*, 2003).

Les brèmes sont donc bien nourries tout au long de leur vie, Treer et ses collaborateurs (2003) trouvent une explication possible dans la proche confluence du Danube avec la rivière Drava, riche en zooplancton, qui amènerait une nourriture idéale aux brèmes durant leur phase planctivore.

1.4.2.3 Croissance et productivité du milieu

La croissance de la brème est en relation directe avec la productivité du milieu, cela a été démontré par une étude portant sur trois canaux irlandais ayant des niveaux trophiques différents. Il s'agit du Royal Canal, du Grand Canal et du Barrow Line. Ces trois canaux ont été construits par l'homme, à des fins de transport de marchandises et de personnes. La pêche à la ligne y est la principale activité récréative, et aucune pêche commerciale n'y est pratiquée (Tierney *et al.*, 1999).

Dans le cadre de cette étude, un échantillon représentatif de chaque population a été pesé, mesuré et des écailles ont été prélevées pour la détermination de l'âge. La croissance des brèmes a été évaluée par rétro-calcul et fût considérée comme étant isométrique. Pour valider la méthode de rétro-calcul, des poissons d'âge 0+ ont été prélevés à la fin de la saison de croissance et leurs longueurs ont été comparées à celles attendues par la modélisation. Le facteur de condition, K, a été déterminé par la relation $K = W/L^3 * 100$. Enfin, les paramètres susceptibles d'influencer la croissance ont été traités par analyse multivariée.

Les profils de croissance étaient différents dans les trois canaux. En comparant ses résultats à des données issues de la littérature, Tierney *et al.* (1999) constatent que la croissance de la brème dans le Royal Canal est considérée comme rapide tandis que celles du Grand Canal et du Barrow Line sont lentes et modérées, respectivement. Si la croissance est considérée comme isométrique dans les trois cas, des différences dans le facteur de condition apparaissent entre les trois canaux. Il y a donc aussi des divergences dans la croissance d'un point de vue morphologique.

Par ailleurs, une association positive entre la croissance de la brème, l'alcalinité et la biomasse totale de poissons fut trouvée. D'une part, la vitesse de croissance augmente parallèlement avec le degré d'alcalinité. Ce qui signifie que, à un âge donné, la longueur du poisson sera d'autant plus élevée que le degré d'alcalinité est important. D'autre part, plus la proportion de brèmes par rapport à la biomasse totale de poissons (toutes espèces confondues) est élevée, plus la croissance de celle-ci est lente. De plus, plus la biomasse totale de poissons est importante, plus la fraction de brèmes par rapport à celle-ci est faible. Ainsi, on trouve dans certaines portions du Grand Canal des densités de poissons de l'ordre de 150 kg/ha où la fraction de brèmes n'est que de 50 %. Leur croissance y est rapide. A d'autres endroits on trouve des densités de l'ordre de 50 kg/ha et la fraction de brèmes constitue 80 %. La croissance de ces dernières y est lente. Tierney *et al.* (1999) interprètent ces données comme étant le résultat de la compétition intraspécifique pour la nourriture. Au plus la fraction de brème est élevée, au plus la compétition pour les macrophytes, et les macro invertébrés qu'elles abritent, est importante.

1.4.2.4 Croissance et population zooplanctonique

La croissance des brèmes semble être en relation directe avec la quantité de grand zooplancton. Ainsi, une étude tchèque a montré que la proportion de grands Cladocères dans la population totale de zooplancton était un bon indicateur de l'impact du broutage des poissons sur les populations d'invertébrés (Seda & Kubecka *in* Matenova *et al.*, 1998). Sous des conditions limitantes de ressources alimentaires, l'état des populations de grands Cladocères, une proie planctonique de choix, reflète la disponibilité de nourriture pour les poissons non prédateurs (Matenova *et al.*, 1998 ; Jeppesen *et al.*, 2004).

Dans leur étude, Matenova et ses collaborateurs (1998) ont étudié la croissance des brèmes dans 3 réservoirs ayant des populations de poissons différentes. Les brèmes ont été pêchées avec des seines, pesées mesurées et des écailles ont été prélevées pour déterminer leur âge et leur taux de croissance. L'analyse des communautés planctoniques a été effectuée grâce à un filet à plancton dont le maillage était de 200 µm.

En conclusion, ils supposent que la croissance des brèmes est d'autant plus rapide que la proportion de grands Cladocères dans la population zooplanctonique totale est élevée. En effet, ceux-ci étant une proie préférentielle pour les brèmes, leur abondance en plus d'autres intervenants alimentaires implique que les poissons disposent d'une grande quantité de nourriture, propice à leur croissance. A l'opposé, la proportion de grands Cladocères dans la population planctonique totale est inversement proportionnelle à la biomasse de poisson. Ainsi, dans le « Rimov Reservoir », la proportion de Cladocères était de 0 % quand les stocks de poissons atteignaient leur maximum, de 10 % quand ils étaient au minimum et de 20 % quand il n'y avait pas de poissons, juste après le remplissage du lac. Cependant, à condition d'avoir un lac relativement stable (c'est-à-dire sans vidange et remplissage régulier), les brèmes peuvent avoir un taux de croissance relativement élevé malgré une faible proportion de Cladocères, voire absente. Matenova et ses collaborateurs (1998) expliquent cela par le fait qu'il existe pour la brème d'autres sources de nourriture que les grands Cladocères.

1.4.3 Variabilité des indices de conditions et autorégulation de la croissance

Le facteur de condition des poissons peut être calculé de multiples façons, la formule la plus couramment utilisée étant celle de Fulton ($CF = W / L^3 \cdot 100$). Il existe de nombreuses critiques et contradictions quant à la fiabilité de ces indices (Morozov, 1951 ; Gershanovich *et al.*, 1984 *in* Galerida *et al.*, 1998). Galerida *et al.* (1998) ont effectué une étude visant à déterminer les raisons biologiques responsables de ce manque de compatibilité des indices. Leurs résultats les conduisent à penser que cette raison biologique serait un processus naturel d'autorégulation de la croissance allométrique.

Une population de brèmes issue du lac de réserve Ovcharista en Bulgarie ainsi que 193 autres stocks furent étudiés durant une période de 10 ans. Les paramètres a et b de l'équation $W = aL^b$, où W représente le poids (g) et L la longueur (mm), ont été déterminés grâce à une régression linéaire simple. L'autorégulation de la croissance a été étudiée de 2 manières : d'une part grâce à la relation entre a , l'indice initial de croissance dans la relation $W = aL^b$, et b , la pente dans la relation $\log(\text{poids}) - \log(\text{longueur})$, et d'autre part grâce à la relation entre les poids initiaux moyens, pesés à une même longueur L , et les taux de croissances relatifs (pente) (Galerida *et al.*, 1998). Le poids moyen initial est en fait le poids d'un jeune poisson à une longueur fixée arbitrairement (100 mm dans le cadre de cette étude).

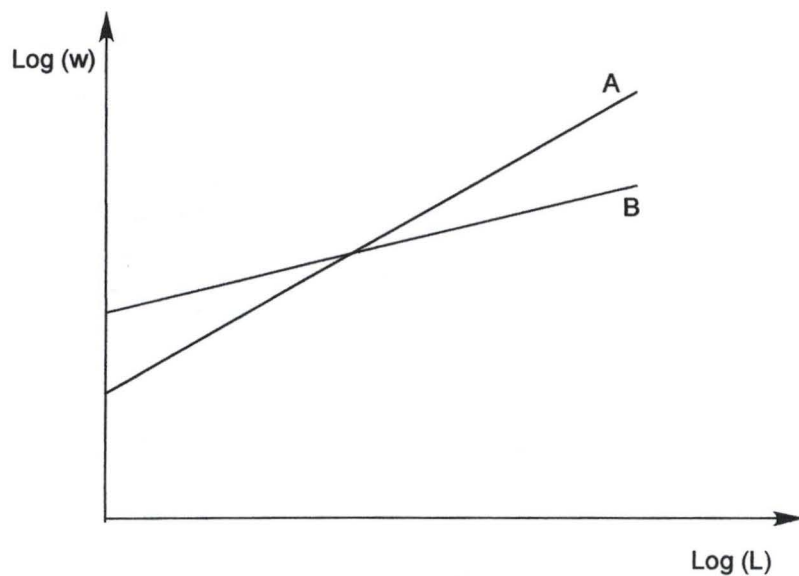


Figure 1.3 Comparaison de deux droites log (poids) – log (longueur). La droite A possède un poids initial faible et une pente forte, à l'inverse de la droite B (d'après Galerida *et al.* (1998)).

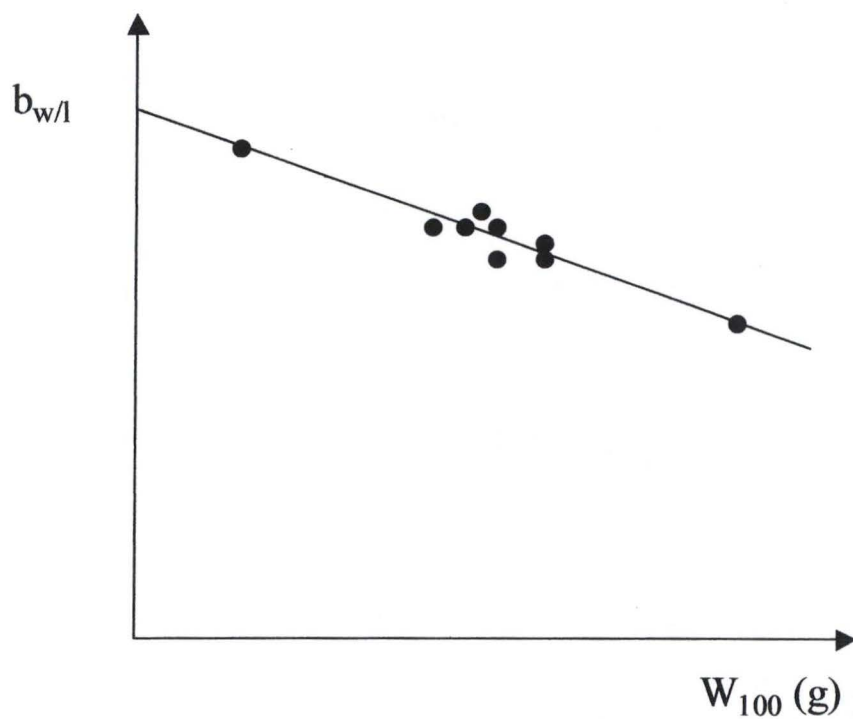


Figure 1.4 : Relation entre la pente ($b_{w/l}$) et le poids initial moyen à une longueur de 100 mm (d'après Galerida *et al.* (1998)).

Galerida et ses collaborateurs (1998) ont découvert une corrélation négative entre le poids moyen initial et la pente de la droite de la relation $\log(\text{poids}) - \log(\text{longueur})$. Quand le poids moyen est élevé, la pente de la droite diminue (figure 1.3 & 1.4). Selon eux, il existerait chez les poissons un contrôle génétique de la croissance. Les changements de condition de vie des poissons n'agiraient sur la relation poids / longueur qu'au sein d'un certain intervalle, sous contrôle génétique permanent. La relation entre le poids initial et la pente de la droite des logarithmes illustre le processus de correction de la croissance. De ce fait, les droites $\log(W) - \log(L)$ se rapprochent et dans la plupart des cas se croisent. Le croisement de ces droites de régressions permet d'utiliser les paramètres a et b de l'équation $W = aL^b$ comme des indices de condition. Le paramètre a ne rendra effectivement compte du rapport W/L qu'au point d'intersection des deux droites, et b seulement après cette intersection (Galerida *et al.*, 1998).

Selon Galerida *et al.* (1998), on ne peut pas discerner l'influence de l'autorégulation de la croissance de celle des conditions environnementales sur le profil de la relation $\log(W) - \log(L)$. C'est la raison pour laquelle il existe tant de méthodes pour évaluer le facteur de condition des poissons et tant de contradictions quant à leur fiabilité. Il en découle dès lors plus d'erreurs que celles engendrées par les méthodes statistiques utilisées dans l'analyse de la relation $\log(\text{poids}) - (\text{longueur})$.

L'étude menée par Zivkov *et al.* (1999), qui vise à déterminer les raisons biologiques expliquant la non convenance des différents indices, conduit aux mêmes conclusions. Il ajoute que les L_∞ calculés et les L_{\max} effectifs des poissons peuvent être significativement différents, car trop peu d'individus âgés ayant une croissance lente sont généralement pris en compte dans les échantillons. De plus, de nombreux paramètres influencent la croissance des poissons, et donc le L_∞ reste le plus souvent une valeur théorique, sans réelle signification biologique. Dans son étude, Zivkov (1999) cite un exemple de cas où le L_{\max} est de 300 mm alors que le L_∞ est de 3136 mm.

1.3 Occupation de l'espace

La brème n'entre que très peu dans le régime alimentaire du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo sinensis*), du moins en haute Meuse, où les pelotes de régurgitation ne révèlent qu'une très faible proportion de brèmes : 0.1 % (Tarbe, 2002). Cette information laisse suggérer que la prédation aviaire n'a sans doute pas d'impact significatif sur la productivité des populations de brèmes communes. Mais comment se fait-il que le cormoran ne consomme que si peu de brèmes? Peut-être parce qu'il ne chasse pas là où elles se trouvent. Les résultats de pêches de Goffaux *et al.* (2001), effectuées dans le bassin mosan, utilisant plusieurs techniques de prélèvements (électricité et filets maillants) et s'étalant sur trois années, montrent une étonnante faible proportion de petites brèmes en Meuse (figure 1.5). Ceci laisse suggérer qu'elles occupent un espace dans lequel nous ne plaçons généralement pas de filets et où nous ne pêchons pas à l'électricité. Ces informations nous incitent à orienter la recherche bibliographique vers l'occupation de l'espace par la brème commune.

Dès lors, nous avons constaté qu'en rivière, les brèmes juvéniles (2 à 4 ans) et les adultes (>4 ans), montrent une préférence pour les grands fonds au milieu du fleuve. C'est là que l'on trouve des cassures de courant, où elle peuvent se reposer, surtout en hiver. Les larves, les alevins et les jeunes poissons, quant à eux, occupent un espace où la végétation est dense et les fonds sablonneux. En réalité, les brèmes occupent différents espaces au cours de

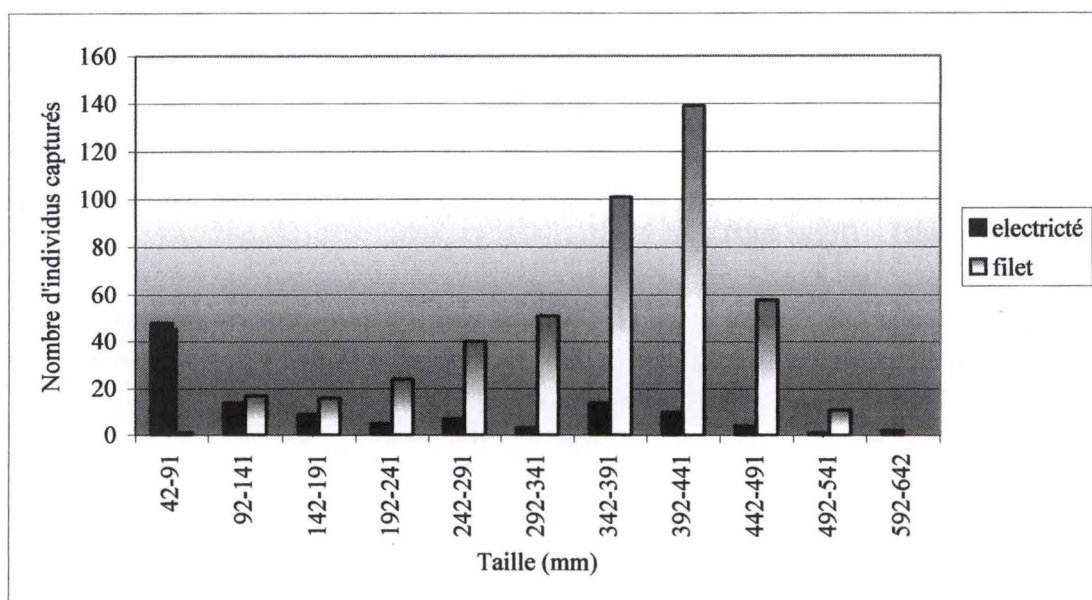


Figure 1.5 Classes de taille de brèmes capturées par Goffaux *et al.*(2001), à l'électricité et au filet maillant.

leur vie, en fonction de leurs exigences alimentaires. En effet, elles ont un régime exclusivement planctivore durant les premiers mois de leurs vie pour progressivement se nourrir d'invertébrés, dont la plupart sont des Chironomidés (Szczerbowski, 1995 ; Kangur, 1996).

Les juvéniles grandissent donc 1 à 2 ans dans des milieux à fond sablo-vaseux puis quittent cet endroit pour rejoindre des fonds à particules plus grosses, comme des sables ou de petits graviers (Molls, 1999 ; Grift *et al.* 2001). Les espaces appropriés pour le développement des alevins jusqu'à l'âge 2+ peuvent être les bords de la rivière, les zones à faible courant et les annexes (Grift *et al.*, 2001). Les zones de croissance des poissons plus âgés (> 2+) sont le benthos du milieu du fleuve (Szczerbowski, 1995).

1.4 Migrations

1.4.1 Migrations longitudinales

Si les déplacements de poissons migrateurs tels que les salmonidés sont bien connus, ceux des poissons dits « non migrateurs » le sont nettement moins, alors qu'ils sont bien réels (Prignon *et al.*, 1998). La majorité des cyprins, qui forment une grande partie des communautés de poissons dulcicoles d'Europe, remontent les rivières pour aller frayer dans les zones plus en amont. Les migrations peuvent avoir différents buts : la reproduction, l'alimentation ou le refuge. (Lucas & Barras, 2001).

Une étude portant sur les migrations longitudinales d'un Cyprinidé, l'ide *Leuciscus idus* (L.), a montré que ce poisson entame des remontées pour frayer et redescend directement après l'accouplement (Winter, 2001). Comme beaucoup de cyprins, les brèmes effectuent également des migrations vers l'amont et peuvent être capturées dans les pièges des échelles à poissons, comme dans l'écluse de Tailfer, quand la température de l'eau avoisine les 10-15°C (Prignon *et al.*, 1998). Ainsi, sur l'année 1999, dans l'échelle de l'écluse de Lixhe, 2 brèmes remontaient au mois de mars, 75 en avril, 195 en mai, 36 en juin et 22 en juillet (Philippart, 2000). Les migrations longitudinales nous permettent de capturer des poissons mais elles ne font pas l'objet d'une étude approfondie dans le cadre de ce travail.

1.4.2 Migrations latérales

1.4.2.1 Migration de brèmes en milieu lacustre

En Estonie, dans le lac Peipsi (35000 ha), la brème est capturée par des pêcheurs professionnels et vendue dans le commerce pour la consommation. Ce lac possède des eaux alcalines, une productivité abondante, une profondeur moyenne faible et une population de macroinvertébrés benthiques riche et diversifiée (Kangur, 1996).

Une étude sur les brèmes de ce lac a montré qu'elles ont une bonne condition tout au long de leur vie, et que leur croissance rapide permet de fixer la taille minimale légale de capture à 30 cm. Kangur (1996) a effectué des pêches avec des filets de seine expérimentaux, c'est-à-dire non pas des filets de pêche commerciale mais des filets destinés à des études scientifiques.

Les résultats de Kangur (1996) montrent que le succès de la pêche est directement lié à l'activité migratoire des poissons. Alors qu'en août les seines sortaient de l'eau jusqu'à 105

brèmes par effort de pêche (les seines sont tirées sur une distance donnée en un lieu donné), elles n'en donnaient plus que 10 en septembre. Kangur explique cette variabilité dans la probabilité de capture par l'activité migratoire des poissons. Il affirme que les brèmes gagnent le littoral pour frayer puis retournent ensuite vers les zones pélagiques.

1.4.2.2 Migrations de cyprinidés dans les annexes : particularité de la brème

Parmi tous les déplacements des cyprins, les migrations vers les annexes sont les moins bien caractérisés. Certains scientifiques pensent que ces plans d'eau ont un rôle primordial dans le succès de la reproduction. Dès lors, notamment en Allemagne et aux Pays-Bas, des études sont consacrées à ce type de migration (Molls 1999 ; Grift *et al* 2001).

Les travaux de Grift *et al.* (2001) et de Molls (1999) ont montré une particularité intéressante chez la brème : la capacité à développer des stocks permanents dans les annexes. Selon eux, on ne retrouve dans les annexes que, soit des poissons de grande taille (>30 cm) qui sont matures et effectuent leur migration juste avant la période de frai, soit de jeunes poissons d'âge 0+ à 2+. Aucune brème d'âge 2+ à 4+ n'était prélevée dans les annexes (Molls 1999 ; Grift *et al* 2001).

Les travaux de Molls (1999) portaient sur une portion allemande du Rhin. Des poissons ont été capturés avec des sennes, des filets maillants, des nasses et par pêche électrique. Les poissons présents dans les annexes ont été mesurés et pesés et des écailles ont été prélevées, afin de déterminer l'âge de ces derniers. Les densités de brèmes présentes dans les deux oxbows étudiés ont été évaluées par la méthode de marquages-recaptures multiples. Les migrations de poissons ont été estimées grâce à des échantillonnages dans les annexes réalisés avec des filets de sennes (Molls, 1999).

Une étude similaire a été menée par Grift et ses collaborateurs (2001) sur une portion hollandaise du Rhin, où des digues ont été aménagées, afin de limiter les problèmes d'inondations liées aux crues. Ces digues ont pour conséquence de limiter la connectivité avec la plaine d'inondation. En effet, le passage pour les poissons n'est dès lors plus possible qu'en période de hautes eaux, c'est-à-dire au moment des crues extrêmes (Grift *et al.*, 2001). Or, dans beaucoup de rivières, les poissons migrent vers les zones inondables pour frayer (Molls, 1999) parce que les conditions y sont plus adéquates (eau stagnante, nourriture planctonique abondante, etc.) pour la ponte et le développement des alevins (Grift *et al.*, 2001).

Les poissons capturés, à l'aide de filets de sennes et de pêches à l'électricité, ont été anesthésiés afin de minimiser le stress dû à la manipulation. Les poissons ont été pesés, mesurés et marqués. Le marquage permet d'estimer la population en place, la mortalité et de suivre les migrations. Différents modèles mathématiques non détaillés dans le cadre de ce travail ont permis de définir le nombre de poissons par unité de surface et la fraction de la population qui effectue des migrations. La relation poids-longueur a permis de convertir un nombre de poissons par unité de surface (ha) en une masse de poissons par hectare (Grift *et al.*, 2001).

Molls (1999) a pêché de nombreuses brèmes dans les annexes mais seulement une dizaine d'entre elles avaient un âge compris entre 2 et 4 ans, et ce malgré des efforts de pêche répétés (fig 4.1). Les travaux de Grift *et al.* (2001) ont montrés les résultats suivants : les brèmes de plus de 30 cm étaient dominantes dans toutes les plaines inondables et à tous les moments de l'année, et aucune brème de taille moyenne (10-30 cm) n'y était présente, ce qui semble confirmer les résultats de Molls (1999). Dans ces deux études, les brèmes juvéniles,

c'est-à-dire celles d'âge compris entre 2 et 4 ans, évitaient les annexes. Dans le cours principal, toutes les classes de tailles étaient largement représentées. Bien que la brème soit l'espèce dominante dans les deux types de milieux, les structures de population entre le cours principal et celle des annexes en étaient du coup radicalement différentes.

Cette absence de brèmes de taille moyenne dans les annexes ne peut s'expliquer que par un acte volontaire des poissons. Un taux de mortalité élevé ou un faible succès de reproduction ne peut expliquer l'absence de brèmes d'âge 2+ à 4+ dans les annexes. En effet, trois cohortes de trois années consécutives étaient absentes dans 2 annexes, alors qu'elles étaient simultanément présentes dans le cours principal (Grift *et al* 2001). De plus, dans l'autre étude (Molls, 1999), le succès de la reproduction était élevé durant le moment où ces classes d'âge absentes sont nées, donc ce n'est pas un faible taux de reproduction qui pourrait expliquer leur absence. La prédation sur les juvéniles, comme par exemple par le sandre *Sander lucioperca* (L.), ne peut pas non plus expliquer l'absence totale de classes d'âge, car si la prédation peut réduire le nombre d'individus d'une population, elle ne peut pas le supprimer complètement. Molls (1999) tente donc d'expliquer le phénomène comme ceci : une plus grande disponibilité de nourriture dans la rivière attire les juvéniles vers le cours principal et, de plus, leur départ réduirait la compétition intraspécifique avec les adultes. Selon Grift *et al.* (2001), les juvéniles quittent l'annexe dans la première ou la seconde année de leur vie pour grandir dans le cours principal et éventuellement revenir frayer dans une annexe quand la maturité sexuelle est atteinte.

Molls (1999) tire de ses résultats les conclusions suivantes : une fois le frai effectué, 95 % des adultes retournent dans le cours principal (Figure 1.6) et les 5% restants assureront le frai l'année suivante en cas de non connectivité avec le cours principal au moment du frai. Il considère cette fraction de la population comme non négligeable.

In fine, Grift et ses collaborateurs (2000) arrivent aux mêmes conclusions que Molls (1999) mais ils rajoutent ceci : les brèmes communes, gardons et brèmes bordelières se nourrissent d'organismes vivant dans le substrat comme par exemple des chironomidés (Lammens, 1984 *in* Grift *et al.*, 2001). Elles prélèvent une petite quantité de substrat et elles en tirent les organismes comestibles grâce à un système de branchiospines qui agissent en quelque sorte comme une passoire. Ils émettent l'hypothèse que les brèmes adultes, qui ont un système de branchiospines dont la maille de perforation est plus fine que celle d'autres poissons, comme la brème bordelière ou le gardon, auraient tendance à rester dans les oxbows car le substrat s'y trouvant est plus fin. Leur système de branchiospines à fine maille leur permettrait de filtrer ce type de substrat et elles auraient donc un avantage compétitif vis à vis de la brème bordelière et du gardon qui préféreraient se nourrir dans le cours principal du fleuve.

Toutefois, Hohašová (2003) constate que, dans une étude sur les migrations de brèmes entre la rivière Morava (République Tchèque) et une de ses annexes, les gradients de pH, de conductivité et d'oxygène dissout ne semblent pas influencer le comportement migratoire des poissons. Hohašová (2003) ne parvient pas à définir si les poissons se dirigent vers l'annexe grâce à la reconnaissance de celle-ci (par un signal chimique par exemple) suite à une expérience précédente, ou simplement par hasard. Il pense que le facteur le plus plausible est la différence de vitesse entre la noue et la rivière. En contraste avec les résultats de Molls (1999) et de Grift *et al.* (2001), Hohašová (2003) n'observe aucune dépendance entre la taille des brèmes et leur activité migratoire.

Une étude allemande portant sur un petit canal reliant le Rhin à un lac annexe de 13,5 ha a permis d'apporter des informations supplémentaires sur les migrations de poissons. Borchertding (2002) et ses collaborateurs ont appliqué dans ce canal différentes techniques

permettant d'étudier les communautés de poissons présentes dans ce cours d'eau et leurs migrations.

Dans le cadre de cette étude, des pêches électriques avec filets de barrage ont permis de faire l'inventaire des communautés ichtyologiques présentes dans le canal. Des nasses ont également été utilisées pour étudier l'activité migratoire des poissons par marquage-recapture. Les individus piégés étaient marqués par tatouage puis relâchés du côté vers lequel ils étaient en train de migrer. L'endroit de recapture allait permettre d'évaluer les migrations saisonnières. Enfin, un géotextile blanc placé à plat sur le fond du canal dans une zone peu profonde permettait de voir et de reconnaître les individus effectuant des migrations journalières, grâce à la nette augmentation du contraste entre la couleur du fond et celle du poisson (Borcherding, 2002).

Les pêches électriques ont montré que le canal abritait principalement des espèces stagnophiles, comme la brème commune, la brème bordelière *Bilca bjoerkna* (L.), etc. Seulement quelques spécimens d'espèces rhéophiles furent capturés comme par exemple le chevaine *Leuciscus cephalus* (L.) et l'ide *Leuciscus idus* (L.) (Borcherding, 2002). Les nasses ont permis de capturer au total 128 brèmes adultes qui ont été marquées. 23 furent recapturées (18%), ce qui permet aux scientifiques d'affirmer grâce au modèle de marquage-recapture de Young & Robson que 400 brèmes ont effectué une migration d'été du lac vers le canal. Borcherding (2002) en conclut que la connectivité entre les annexes et le cours principal est d'une importance capitale pour beaucoup d'espèces, spécialement d'un point de vue du respect des différentes activités migratoires des poissons.

De plus, l'étude des migrations journalières au-dessus du géotextile a montré que les brèmes adultes quittent le cours principal du Rhin pour entrer dans le canal 3 heures avant le crépuscule. Elles retournent ensuite dans le fleuve endéans les 4 heures suivant l'aube. Une analyse des contenus intestinaux a mis en évidence que les brèmes, quittant le canal au matin, s'étaient nourries pendant la nuit. Borcherding (2002) en déduit que ce poisson possède un avantage compétitif vis-à-vis des autres espèces qui n'utilisent pas cet espace riche en nourriture.

Enfin, en comparant ses résultats à ceux de Molls (1997 in Borcherding, 2002), Borcherding constate que la densité des brèmes présentes dans l'annexe est nettement moindre que celle présente dans le cours principal du Rhin. Il en conclut donc que, chez la brème, les individus migrants ne forment qu'une petite fraction de la population totale (Borcherding, 2002).

En résumé, la brème semble donc avoir la capacité à développer des stocks permanents dans les annexes. Elle entame des migrations vers ces points d'eau pour frayer mais une fraction de la population ne retourne pas dans le chenal principal après la reproduction. Les structures de population entre le chenal principal et les annexes sont différentes. Si toutes les classes de tailles sont bien représentées dans le fleuve, on ne trouve aucun individu d'âge 2+ à 4+ dans les annexes (Molls, 1999 ; Grift *et al.*, 2001). C'est sans doute son système de branchiospines à plus petite maille qui permet à cette espèce de filtrer des substrats plus fins, comme ceux que l'on trouve dans les noues, lui fournissant ainsi un avantage compétitif vis-à-vis des autres espèces comme la brème bordelière ou le gardon (Grift *et al.*, 2001). Tous les scientifiques ne sont toutefois pas d'accord avec ces affirmations, Hohaiová (2003) observe dans son étude que toutes les classes de tailles sont présentes dans les annexes.

Dans le cadre de ce travail, nous essayerons de décrire les migrations vers la noue de Tailfer. Nous tenterons d'y évaluer la densité de brèmes et de caractériser la population en place, la population immigrante et l'éventuelle fraction du stock qui reste de manière

permanente dans l'annexe. Nous tenterons également d'évaluer le stock mosan et, enfin, nous caractériserons les paramètres de dynamique de population de cette espèce en Haute Meuse belge, que nous comparerons aux données de la littérature et aux brèmes que nous avons achetées.

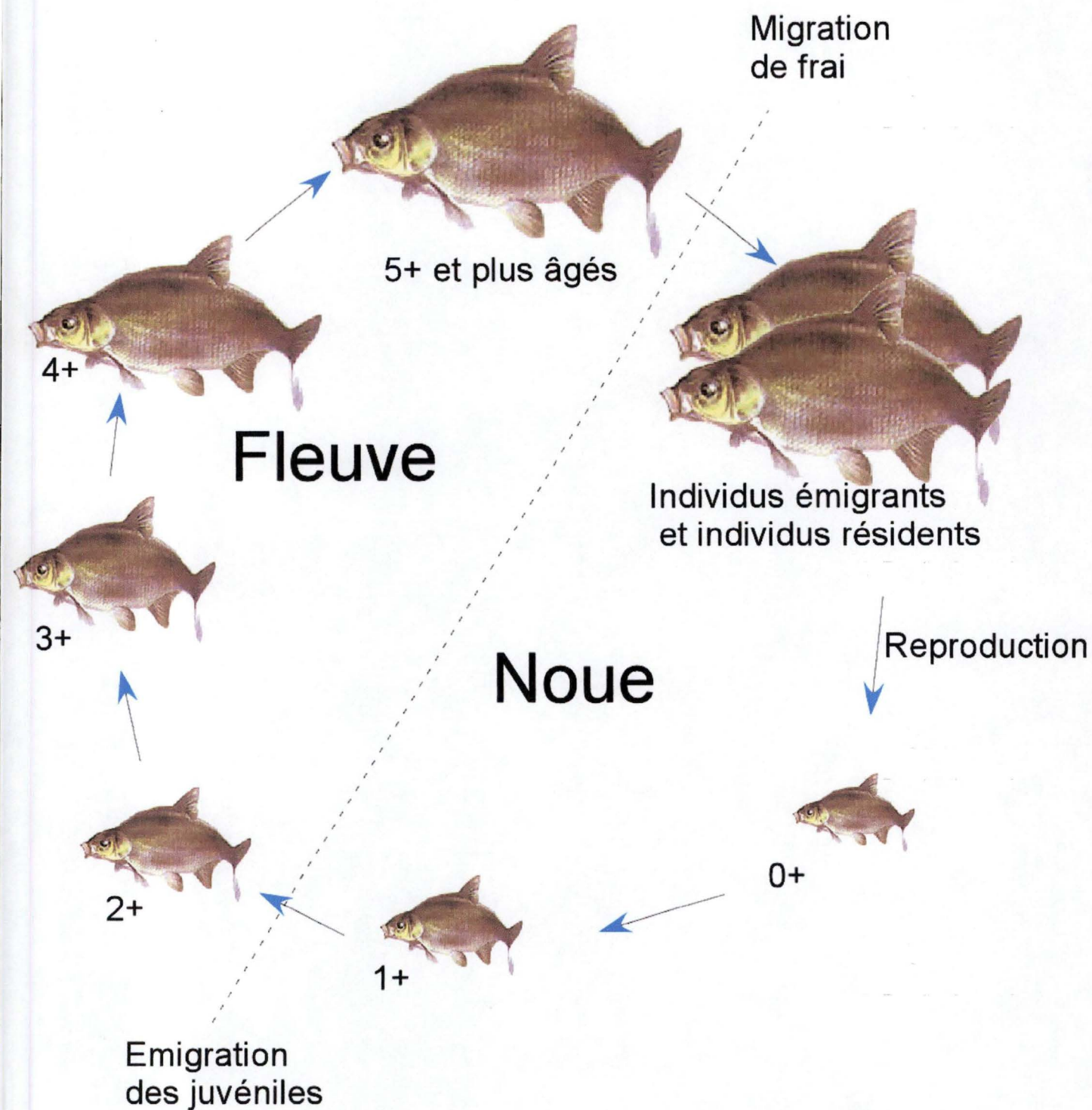


Figure1.6 : Cycle migratoire au cours de la vie d'une brème. (Inspiré d'un graphe de Molls (1999)).

Deuxième partie: matériel et méthodes



Deuxième partie: matériel et méthodes

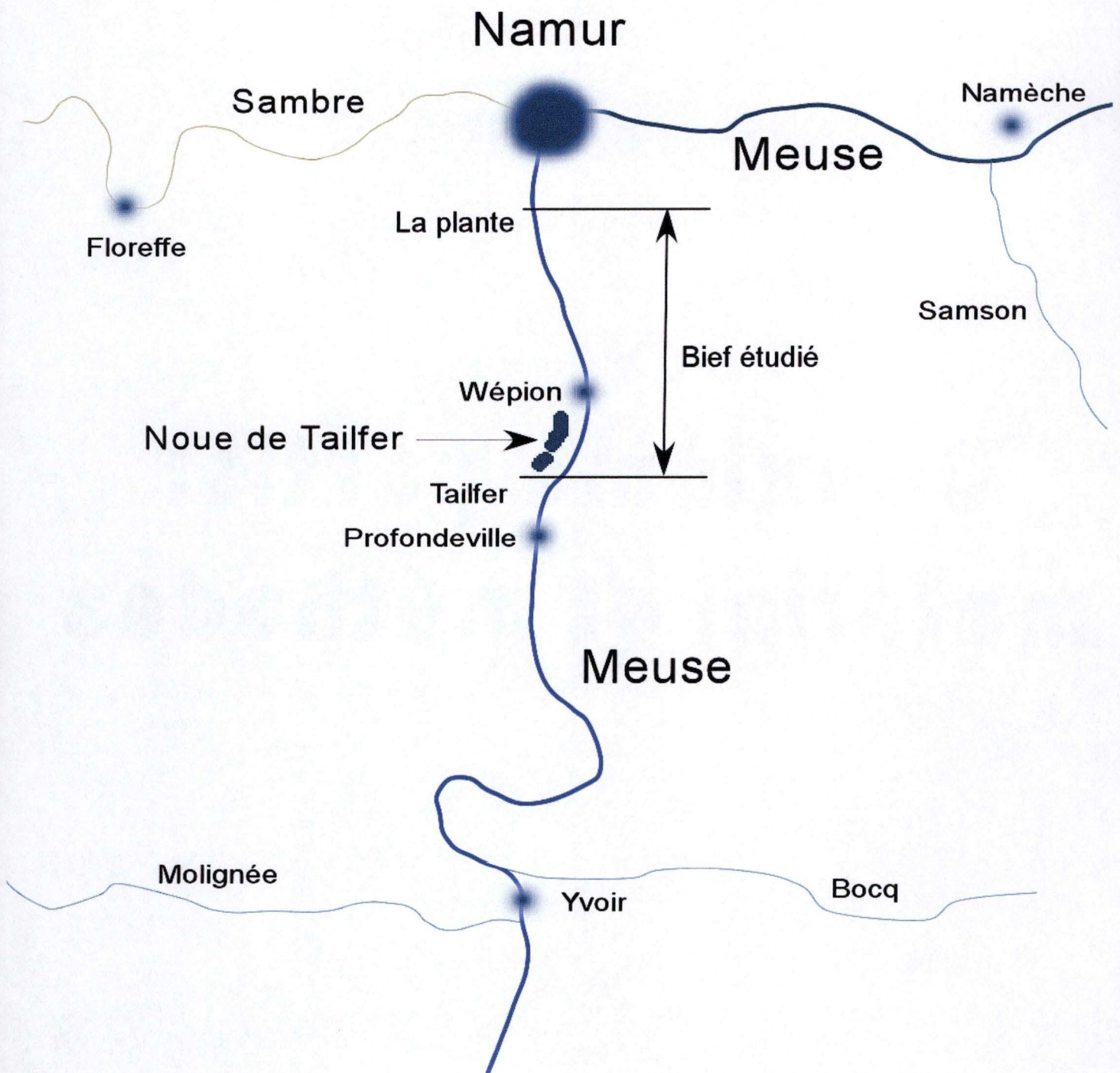


Figure 2.1 : Situation géographique de la noue de Tailfer et du bief mosan étudié.

2.1 Localisation géographique et description des milieux

Le but de ce travail est la description des migrations de brèmes communes entre la noue de Tailfer et le fleuve, ainsi que l'évaluation du stock de cette espèce en Haute Meuse. Nous travaillerons donc sur une portion de la Meuse qui sera délimitée par deux écluses et une annexe de celle-ci.

La Meuse est un fleuve au parcours international. Elle prend sa source en France sur le plateau de Langres (altitude 402 m), à Pouilly-en-Bassigny. Elle traverse la Belgique et les Pays-Bas avant de se jeter en Mer du Nord au travers de nombreux bras du complexe deltaïque Rhin-Meuse-Escaut (Micha et Pilette, 1988). Un « bief » est la portion d'un cours d'eau comprise entre 2 écluses. Notre bief, surnommé le bief de « Tailfer » en raison du lieu dit qu'il traverse, est compris entre les écluses de Wépion (zone amont) et de La Plante (zone aval). Il est d'une longueur totale de 6.4 km et d'une largeur moyenne de 100 m (Figure 2.1). La qualité de l'eau de la Meuse à cette hauteur est considérée comme bonne avec une cote de 15 / 20 à l'indice biotique basé sur les diatomées (Fauville *et al.*, 2001).

L'annexe choisie dans le cadre de cette étude est la noue de Tailfer (figure 2.2). Elle se trouve le long du fleuve en rive gauche, à hauteur de l'écluse de Wépion, et est divisée en deux portions, la « petite noue » et la « grande noue ». Elles couvrent à elles deux une surface d'environ 0,7 ha. Située en amont, la petite noue comporte une végétation aquatique abondante. La grande noue, quant à elle, présente une végétation moins dense, permettant l'accès au plan d'eau afin d'y effectuer des pêches à l'électricité ainsi qu'au filet maillant. Au niveau des espèces végétales, le site de Tailfer comporte 9 espèces d'hélophytes (plantes semi-immergées) et 3 espèces d'hydrophytes (plantes complètement immergées), dont la plus abondante est le nénuphar *Nuphar lutea*. On trouve également des plantes du genre *Myriophyllum* ou des élodées comme l'*Elodea canadensis* (Tans, 2000).

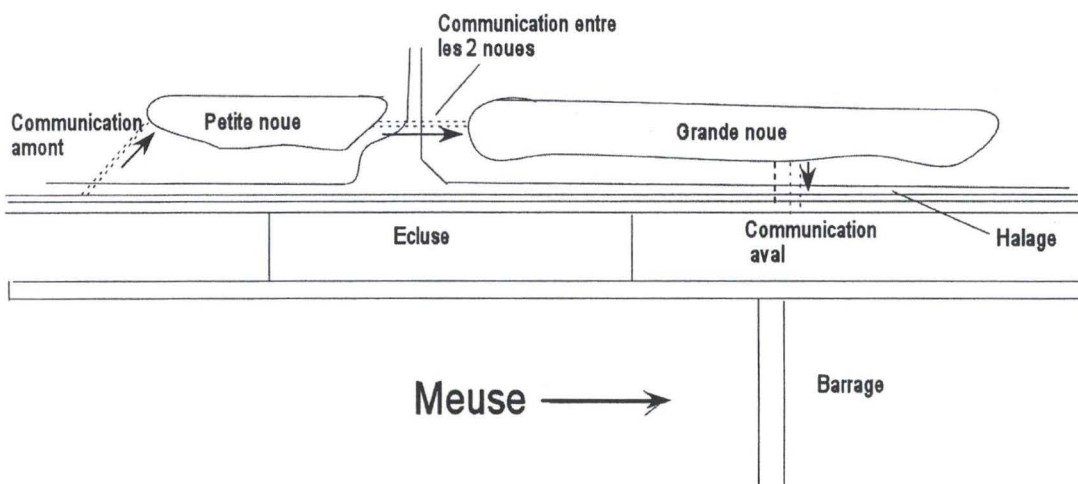


Figure 2.2 : Plan de la noue de Tailfer. La communication amont montre l'entrée d'eau et la communication aval la sortie.

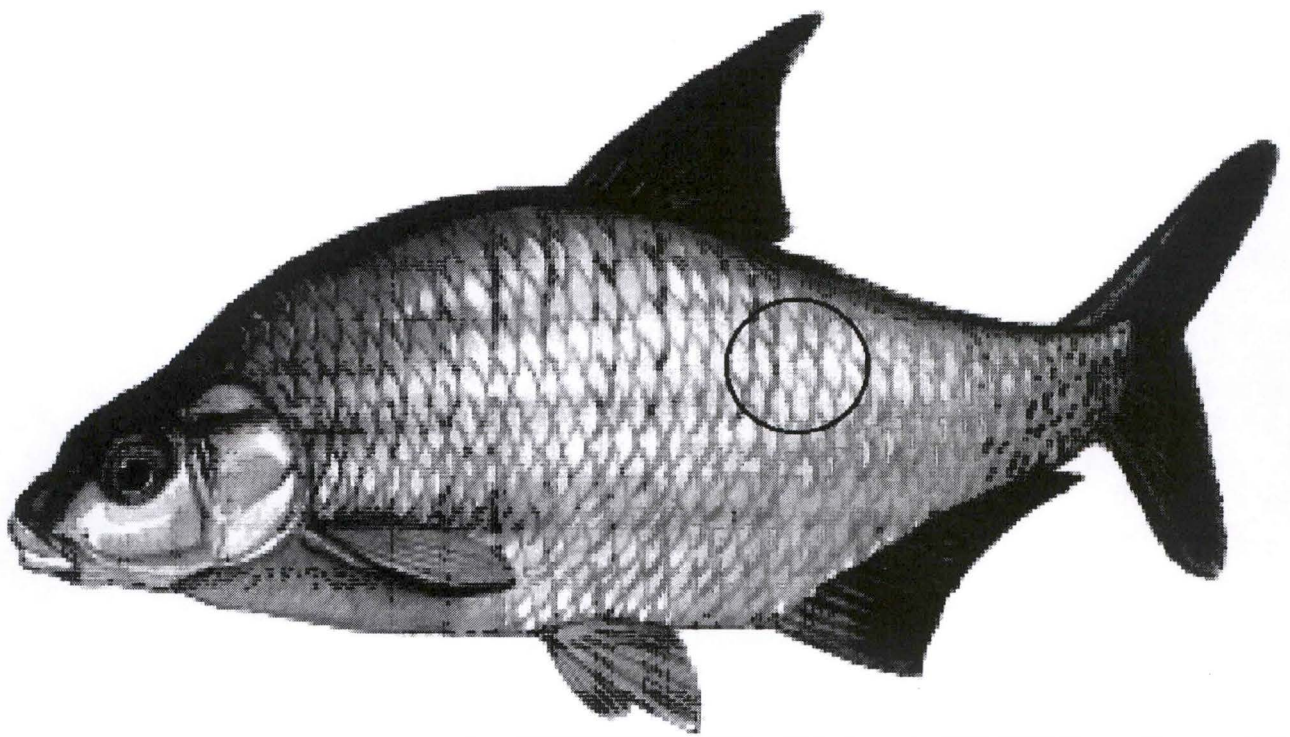


Figure 2.3 : Zone approximative du poisson dans laquelle les écailles de brème commune ont été prélevées.

La noue reçoit l'eau de la Meuse par une petite connexion située en amont de l'écluse de Tailfer. A cet endroit le niveau de la Meuse est d'environ 2.5 m plus haut que celui de la noue, on trouve donc une petite cascade, infranchissable pour les poissons, qui se jette dans le plan d'eau. L'eau transite ensuite de la petite vers la grande noue et retourne à la Meuse par la communication aval, là où est placé le piège qui a permis d'étudier les migrations de brèmes entre le fleuve et l'annexe.

2.2 Populations de brème en Haute Meuse

2.2.1 Relation poids-longueur et facteur de condition

2.2.1.1 Relation poids-longueur

Les relations log poids-log longueur ont été établies pour les brèmes achetées et pour les brèmes mosanes. La relation poids-longueur est généralement présentée sous sa forme logarithmique afin d'obtenir une droite et non une courbe.

La formule générale de cette relation est :

$$W = {}_aL^b$$

où W est le poids (g), L la longueur (mm), a et b sont les constantes de l'équation. Une étude statistique a été ensuite effectuée pour mettre en évidence une éventuelle différence entre ces pente (test de comparaison des pentes, Dagnélie, 1970).

2.2.1.2 Facteur de condition

Le facteur de condition a été établi pour les brèmes mosanes grâce à la constante a l'équation poids longueur selon la formule :

$$K = \frac{W \cdot 100}{L^3}$$

W est en g et L en cm. En réalité, L'exposant trois de L est parfois remplacé par le coefficient b de la relation poids-log. Mais, pour une meilleure comparaison de deux populations différentes, il vaut mieux utiliser le chiffre 3, sinon la variabilité de l'exposant b peut être source de différences importantes sur l'évaluation des K (effet taille). Le coefficient b pourra être utilisé pour la comparaison de deux K issus d'une même population à des périodes de l'année différentes.

2.2.2 Paramètres de dynamique de population

L'âge des poissons a été déterminé grâce aux écailles qui ont été prélevées sur les brèmes communes. Ces écailles sont prélevées dans une zone bien précise de l'animal pour des raisons d'hydraulique. En effet, la morphologie du poisson est telle que la zone comprise dans le premier tiers entre la nageoire dorsale et la nageoire anale (figure 2.3) est peu sujette au frottement de l'eau. L'usure des écailles est donc limitée à cet endroit et tous leurs circuli

Groupe d'age	n	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16
4	2	6,9	12,3	17,2	21,3												
5	1	9,1	14,5	19,2	22,5	24,7											
6	9	8,5	13,8	17,9	21,5	24,2	26,5										
7	6	8,5	14,3	18,6	22,7	25,1	27,3	29,2									
8	6	7,6	12,8	16,6	20,1	23,1	25,8	28,2	30								
9	8	8,7	13,7	17,7	21,2	24	26,5	28,6	30,6	32,1							
10	3	7,4	12,2	17,2	20,4	23,8	26,4	28,5	30,3	32	33,4						
11	8	8,1	12,6	16,7	20,2	23,2	25,7	27,7	29,7	31,5	33,2	34,8					
12	8	7,9	12,6	16,6	19,7	22,7	25,1	27,4	29,7	31,7	33,6	35,1	36,5				
13	3	9,1	14,2	18,3	22,1	25,9	28,7	30,9	32,7	34,6	36,4	37,9	39,3	40,6			
14	2	7,2	12,7	16,2	19,7	22,3	24,6	26,9	28,9	30,9	32,6	34,6	36,7	38	39,8		
15	2	7,6	13,2	18,1	21,4	24,1	26,2	28,3	31	32,9	35,3	37,2	38,8	40,2	41,8	43	
16	1	8,7	14,1	18,7	22,7	25,4	27,4	29,4	31,4	33,4	35,5	37,5	39,5	41,4	42,8	44,1	45,5
Total	59																
Moyenne		8,1	13,3	17,6	521,2	24	26,4	28,5	30,5	32,4	34,3	36,2	38,2	40,1	41,5	43,6	45,5

Tableau 2.1 : Un exemple de tableau illustrant les longueurs standards des poissons rétro-calculées sur base des distances séparant le foyer aux différents annuli de croissance (Treer *et al.*, 2003).

bien visibles, ce qui permet une lecture correcte. Après prélèvement, les écailles ont été nettoyées dans une solution de KOH (à une concentration d'environ 30 g/l), posées entre lame et lamelle et examinées au rétro-projecteur. Les distances séparant le foyer des différents annuli ainsi que la longueur totale des écailles sont alors mesurées.

Les paramètres de l'équation de croissance de Von Bertalanffy (1934) L_{∞} , ou « longueur asymptotique », K, ou « paramètre de courbure » et t_0 , ou « paramètre de condition initiale » ont été calculés pour les brèmes mosanes. L_{∞} correspond à l'âge théorique du poisson s'il atteignait un âge infini, K est la vitesse à laquelle le poisson atteint le L_{∞} , et t_0 est la longueur théorique qu'aurait le poisson à un âge 0.

Procédure suivie pour le calcul de ces paramètres (Sparre, 1996) :

Une relation entre la longueur totale de l'écaille (R_a) et la longueur totale du poisson est établie. La fonction qui passe au mieux par les points est le plus souvent une droite. L'équation générale de cette droite est :

$$Y = a + bx \quad (1)$$

Où b est la pente et a l'ordonnée à l'origine de la droite. Cette relation est nécessaire pour la suite du raisonnement. En effet, l'ordonnée à l'origine de cette droite permet de résoudre l'équation d'estimation de croissance linéaire rétro-calculée :

$$L_n = a + R_n/R_a (L_t - a)$$

Où L_n est la longueur totale du poisson à l'âge n, R_n est la distance séparant le foyer de l'annuli de l'âge n, R_a la longueur totale de l'écaille et L_t la longueur totale du poisson au temps t. $L(t)$ est donné par la relation (1). Cette équation permet de calculer la longueur totale du poisson à chaque âge. Les longueurs séparant le foyer des différents annuli de croissance sont mesurées pour chaque écaille au rétroprojecteur, on divise ensuite la longueur obtenue par le grossissement de l'appareil. Un tableau est ensuite dressé afin de calculer les moyennes des distances séparant le foyer des différents annuli. Ces moyennes (tableau 2.1) seront ensuite intégrées dans l'équation de croissance linéaire rétro-calculée. On dresse ensuite un graphe illustrant la relation entre la longueur rétro-calculée du poisson en fonction de l'âge.

La droite de Ford-Walford, relation entre l'âge au temps t et l'âge au temps t+1, va nous permettre de définir L_{∞} . La droite de Ford-Walford est une relation du type :

$$L(t+1) = a + b L(t)$$

L'intersection entre la droite de Ford-Walford et la diagonale à 45° issue de l'intersection entre l'axe des x et l'axe des y fournit une donnée de longueur correspondant au L_{∞} . L_{∞} peut être défini mathématiquement par la formule :

$$L_{\infty} = a / 1-b$$

Il reste à déterminer t_0 et K. Von bertalanffy propose une relation permettant de calculer ces deux paramètres. Cette relation, qui, graphiquement, est en fait une droite appelée droite de Von Bertalanffy, s'écrit :

$$-\ln(1-L_t/L_{\infty}) = -K \cdot t_0 + K \cdot t$$

De laquelle on déduit que :

$$t_0 = -a/b$$

Et :

$$K = b$$

On peut alors dresser la relation longueur-âge de Von Bertalanffy en intégrant les valeurs des constantes L_∞ , K et t_0 dans l'équation de Von Bertalanffy :

$$L(t) = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Où $L(t)$ est la longueur (cm) du poissons à l'âge t (année).

On peut aisément transformer cette relation en relation de croissance pondérale en multipliant la longueur L_∞ par les paramètres a et b de la relation poids longueur ($W = aL^b$). La relation devient alors :

$$W(t) = aL_\infty^b (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

avec :

$$W_\infty = aL_\infty^b$$

Remarque : attention, il ne faut pas omettre de se replacer dans les unités voulues (pour avoir un poids en g il faut mettre les longueurs en mm).

2.2.3 Estimation d'une densité de poisson

2.2.3.1 Généralités

L'estimation d'une densité d'une population de poissons peut se faire de multiples façons, notamment en fonction du type de milieu dans lequel on se trouve. Il existe d'une part les estimations directes et, d'autre part, les estimations indirectes. Pour les estimations directes, toute la population doit pouvoir être prélevée. On ne peut pas estimer une biomasse de poissons dans un grand cours d'eau comme la Meuse ou dans la noue par méthode directe, car prélever tous les poissons d'une surface donnée serait bien évidemment impossible. La technique que nous avons employée pour estimer les densité et biomasse de brèmes en Meuse et dans la noue est celle de capture-marquage-recapture. Elle consiste à prélever des poissons, à les marquer, puis à les relâcher dans le milieu afin qu'ils se mélangent à la population en place. On effectue ensuite une ou plusieurs campagnes de pêche et on examine la proportion d'individus marqués par rapport à la proportion d'individus non marqués. Les conditions du marquage sont :

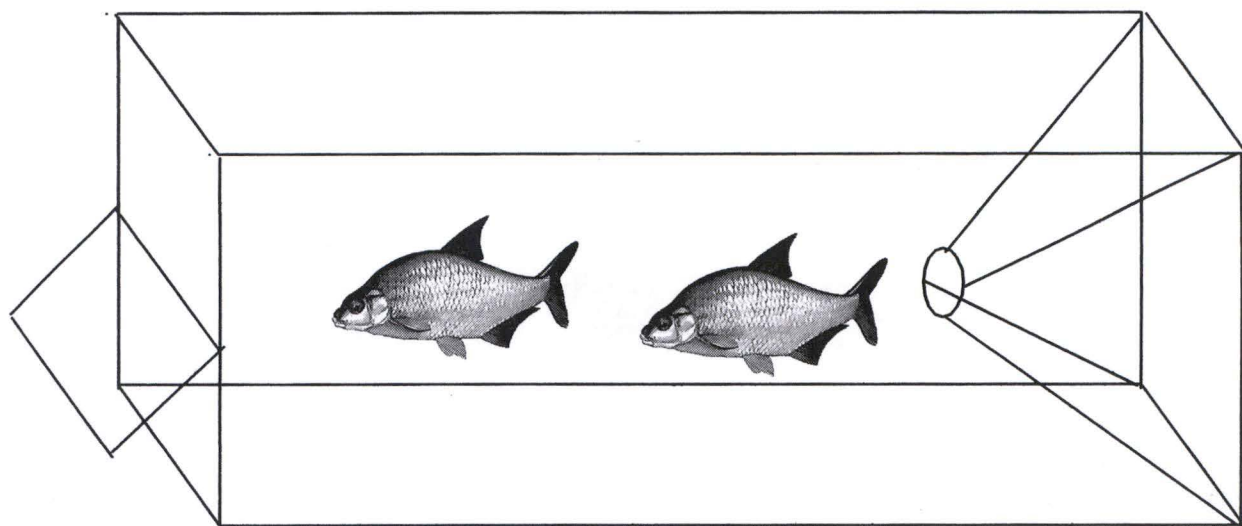


Figure 2.4 Schéma de la nasse de capture, avec son cône d'entrée et la porte permettant de recueillir les poissons capturés.

-Un nombre suffisant d'individus doit être capturé afin de permettre une recapture suffisante de poissons marqués.

-Les poissons marqués doivent être intimement mêlés aux non marqués et l'effort de pêche doit fournir un échantillon représentatif de la proportion marqués / non marqués.

-La marque doit être indélébile et facilement reconnaissable à la recapture, elle doit pouvoir rester visible tout au long de la durée de l'expérience.

-Le marquage ne doit provoquer aucun effet de mortalité, aucune modification sur la croissance, il ne doit pas affecter le comportement des poissons, que ce soit pour la prise de nourriture ou pour la fuite face à un prédateur. Bref, le marquage doit permettre de reconnaître le poisson sans qu'il y ait un effet quelconque susceptible d'affecter sa survie.

Différents modèles mathématiques, choisis en fonction du type de milieu dans lequel l'expérience a lieu, permettent ensuite d'évaluer la densité des poissons.

2.2.3.2 Le modèle de Petersen (Begon, 1980)

« Every model, even the most sophisticated, are directly descended from the simplest, which is the one first advocated by Petersen in 1896... » (Begon, 1980).

Ce modèle mathématique s'applique à l'estimation d'une population dans laquelle il n'y a ni immigration, c'est-à-dire qu'elle se trouve dans un milieu fermé, ni naissance, c'est-à-dire que l'expérience doit se dérouler dans des délais suffisamment brefs que pour que les nouveaux nés ne soit pas pris lors de la recapture, sinon ils modifieraient la proportion marqués / non marqués. Ce modèle convient pour estimer la densité de population dans la noue de Tailfer. C'est en effet un milieu dans lequel il n'y a aucune immigration puisque, au moment des pêches au filets et à l'électricité, la nasse (figure 2.4) est placée en mode sortie (voir point 2.3.1.1), empêchant les poissons du fleuve d'entrer dans la noue. Il n'y a pas d'erreurs due aux naissances puisque les individus qui naissent dans l'année ne seront pas pêchés (du moins dans le cas de l'évaluation du stock).

Les individus qui sont entrés dans la noue entre le 02 mars et le 03 juin ont été marqués par ablation de la pelvienne droite, nous les appellerons les individus « r ». Lors des campagnes de pêches, qui sont détaillées dans le point 2.2.3.4, nous avons capturés « m » individus, dont « n » étaient marqués. Si la taille de la population avant le premier passage était « N », alors on peut écrire :

$$\frac{m}{n} = \frac{r}{N}$$

Si la proportion marqués/non marqués reste la même et si l'échantillon reflète une population parfaitement mélangée, alors on peut transformer la formule :

$$\tilde{N} = \frac{rn}{m}$$

2.2.3.3 La méthode de Schnabel (Begon, 1980)

Dans cette méthode, également appelée méthode positive de Jackson, on marque une seule fois les poissons et on les insère dans la population en place. On effectue par la suite plusieurs campagnes de pêche, pouvant se dérouler sur une longue période, dans laquelle on examine les individus marqués.

Le nombre d'individus que l'on marque doit être suffisamment important pour que l'on ait un maximum de chances d'en recapturer. Le succès de la pêche étant limité en Haute Meuse, nous avons décidé d'acheter des brèmes à un pisciculteur, de les marquer et de les relâcher en Meuse. Deux séances de marquage ont eu lieu et 3220 brèmes, toutes classes de tailles confondues, ont été marquées et relâchées en Meuse, dans la partie aval du bief.

Au jour 0, n_0 individus sont marqués et relâchés et aux jours i suivants, n_i individus sont capturés, parmi lesquels un certain nombre sont marqués. Ces individus sont ensuite remis à l'eau sans qu'aucun marquage n'ait eu lieu.

Considérons q_i , la proportion d'individus marqués dans l'échantillon du jour i . S'il peut y avoir perte (émigration ou mortalité) d'individus dans la population, celle-ci n'affecte pas le calcul car elle touche, en principe, tant les individus marqués que les non-marqués. La proportion reste donc la même. Cela dit, q_i devrait décliner en fonction du temps car le milieu, même si les mouvements de poissons sont limités par les écluses, n'est pas totalement fermé et donc l'immigration d'individus, forcément non marqués, est possible, ce qui aurait pour conséquence de « diluer » la proportion d'individus marqués/non marqués. Une autre conséquence du déclin du rapport marqués/non marqués est la naissance d'individus dans la population qui sont également non marqués. Toutefois, ce facteur ne sera pas pris en compte dans le cadre de ce travail car, au vu de la courte durée de l'expérience, les individus nés dans l'année ne sont pas pêchables.

Le but de l'étude est d'estimer N_0 , la population au jour 0, à partir d'une estimation de q_0 , le rapport entre le nombre d'individus marqués au jour 0 et la population en place ce jour là. La proportion d'individus marqués dans un échantillon devrait être la même que dans la population :

$$q_0 = r_0 / N_0$$

Et donc :

$$\tilde{N}_0 = r_0 / q_0$$

Considérons « b » comme le taux d'apparition de nouveaux individus non marqués dans le milieu. Soit :

$$b = f_i / q_i$$

Où f_i est le nombre d'individus immigrants dans le milieu et q_i le nombre d'individus non marqués déjà présents dans le milieu. Autrement dit, au jour 3, on peut diviser les non marqués en 2 classes : ceux qui étaient présents au jour 2 et ceux qui étaient absents au jour 2. Par définition, b est la proportion d'individus non marqués présents au jour 3 mais absents au jour 2, par rapport au nombre total d'individus du jour 3. b est donc toujours < 1 . Comme la mortalité et l'émigration affecte tant les marqués que les non marqués, le seul facteur influençant cette proportion est b . Dès lors on peut écrire :

$$\frac{q_2}{1 - q_2} = \frac{q_3}{1 - b - q_3}$$

Ce qui revient à :

$$q_3 = q_2 (1 - b)$$

Au jour 4 on peut écrire :

$$q_4 = q_3 (1 - b) = q_2 (1 - b)^2$$

Et donc d'une manière générale :

$$q_i = q_0 (1 - b)^i$$

Soit :

$$\ln q_i = i (\ln (1 - b) \ln q_0)$$

Cette dernière est l'équation de régression du logarithme népérien de q_i sur i et les deux constantes de régression, $\ln (1 - b)$ et $\ln q_0$, peuvent être calculées comme suit :

$$\ln (1 - b) = \Sigma m_i (\ln q_i - \overline{\ln q}) (i - \hat{i}) / \Sigma m_i (i - \hat{i})^2$$

$$\ln q_0 = \overline{\ln q} - \ln (1 - b) \hat{i}$$

où i = l'unité de temps et \hat{i} la moyenne des unités de temps. Exemple : l'expérience dure 5 mois, i va de 1 à 5 et \hat{i} vaut 3.

Les écarts types peuvent être obtenus de la manière suivante :

$$SE_{(1-b)} = (\sum m_i (\ln q_i - \overline{\ln q} - \ln(1-b)(i-\hat{i}))^2 / (n-2) \sum m_i (i-\hat{i})^2)^{0.5}$$

$$SE_{(q_0)} = (\sum m_i (\ln q_i - \overline{\ln q} - \ln(1-b))^2 / (n-1) \sum m_i)^{0.5}$$

Remarque : plus le taux d'immigration d'individus non marqués sera important, plus la fréquence de recapture d'individus marqués diminuera rapidement. Donc, dans un milieu fermé, on aura des taux de recapture constants.

2.2.3.4 : Application en Haute Meuse

Dans le cadre de ce travail, deux séances de marquage, et non une seule, ont eu lieu pendant l'hiver. Si nous faisons choix de faire deux séances, c'est uniquement pour une question de pratique. En effet, le pisciculteur ne peut nous fournir les quelques 950 kg de poissons que nous devons acheter pour le marquage en une seule fois. Le premier marquage a eu lieu le 4 décembre 2003 et le suivant le 10 février 2004. Les deux séances de marquage seront regroupées et considérées comme une seule dans l'évaluation du stock.

Lors de ces deux séances de marquage, environ 3220 poissons pour une masse totale de 950 kg ont été marqués et relâchés en Meuse. Les poissons ont été déversés dans la partie centrale du fleuve derrière le barrage cassé de Tailfer⁽¹⁾, là où la force du courant est faible et donc où les poissons ont la plus faible probabilité de dévaler en cas de crue.

La recapture s'est effectuée principalement grâce à la nasse de capture et aux filets maillants. La nasse de capture placée en mode entrée (cfr § 2.3.1.1) permet la capture de brèmes mosanes et, en plus, elle a fourni des données utiles à l'étude des migrations vers la noue (cfr §2.3). Le temps de pose d'un filet est déterminé en fonction du site de pêche. Les filets placés derrière le barrage de Tailfer sont posés pendant une heure, ce qui est suffisant pour avoir une quantité appréciable de poisson. Aux autres sites, ils sont laissés deux heures. Les filets ne doivent pas être posés trop longtemps sinon ils sont trop chargés en poissons, le démaillage est alors très fastidieux et les poissons en souffrent. Chaque pose de filet, quelle que soit sa durée, est considérée dans le cadre de ce travail comme étant une unité d'effort. Les données fournies par les brèmes pêchées à l'électricité et celles piégées dans l'échelle à poissons du barrage de Tailfer ont également été intégrées dans le calcul du stock.

Les fréquences de recapture de brèmes marquées en fonction du mode d'échantillonnage utilisé et les fréquences de recaptures de brèmes marquées en fonction du mois de l'année seront présentées au chapitre 3. Comme le marquage n'affecte, en principe, pas la capture, cette fréquence ne devrait pas changer en fonction du mode de pêche utilisé. On s'attend par contre à ce qu'elle diminue suite à l'immigration dans le milieu de poissons non marqués.

La méthode d'évaluation du stock selon Schnabel permet de définir la quantité de poissons présente dans la totalité de la surface du milieu. Pour obtenir la densité de brème par ha, on divise la quantité totale de poissons totale par la surface du bief, c'est-à-dire 64 ha pour le bief de Tailfer. Cette densité par ha peut être convertie en biomasse par ha en la multipliant par le poids moyen des poissons.

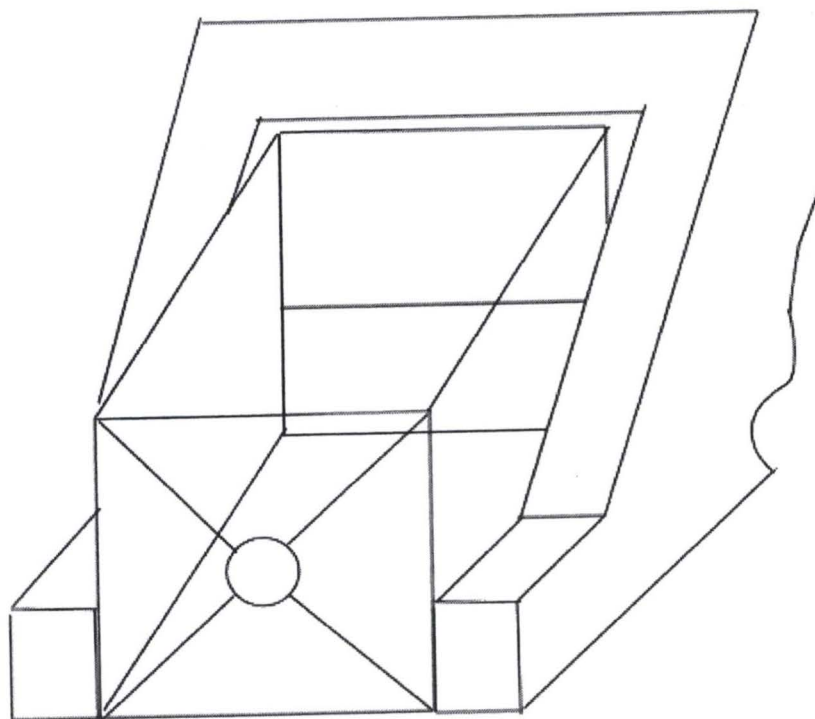


Fig 2.5 : La nasse dans la connexion avale de Tailfer, présentée en mode sortie.

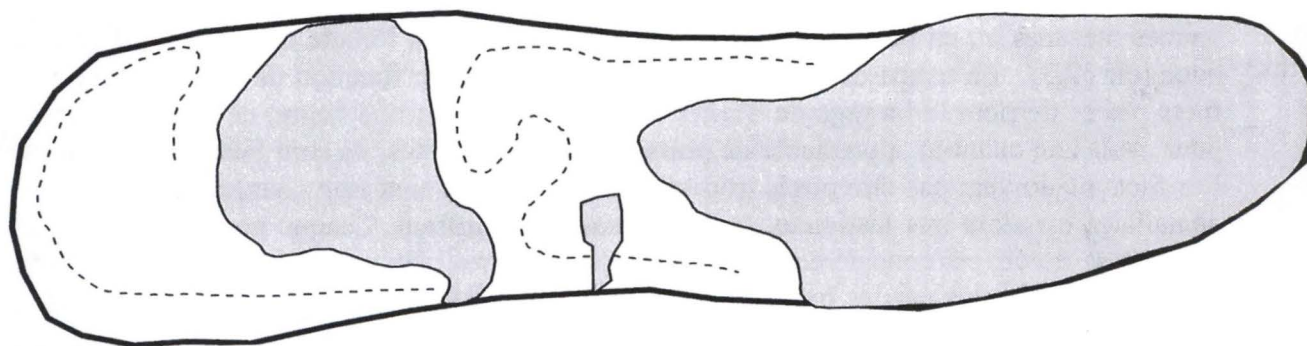


Figure 2.6 : Représentation schématique de la disposition des filets entre les nénuphars dans la noe. Les filets sont en pointillés et les nénuphars en gris.

⁽¹⁾ Ce barrage est en fait cassé suite à un accident fluvial et de ce fait il ne présente pas de chute d'eau. Il n'y a donc une zone d'eau calme derrière ce dernier.

2.3 La brème et les noues

2.3.1 Migration entre le fleuve et la noue

2.3.1.1 Passage des poissons du fleuve vers la noue

Le piège permettant l'étude des migrations vers l'annexe est en réalité une nasse de capture (figure 2.5). La communication aval avec le fleuve est le siège de nombreux passages pour les poissons, car nombre d'entre eux se rendent dans ou sortent de la noue. C'est pourquoi la nasse, dont les dimensions sont choisies de manière à ce qu'elle s'emboîte parfaitement dans le passage, est placée à cet endroit. La nasse est orientée dans un sens ou dans l'autre en fonction que l'on veuille capturer les poissons qui entrent dans la noue ou ceux qui en sortent. Nous définissons dès lors deux manières de placer la nasse : le « mode entrée », capturant les poissons qui entrent dans la noue, et le « mode sortie », capturant les poissons qui en sortent.

Afin de caractériser les entrées de brèmes dans la noue de Tailfer, la nasse de capture a été placée en mode entrée dès que les conditions climatiques l'ont permis. Comme le mois de février 2004 a été relativement froid, la noue se voyait régulièrement recouverte d'une pellicule de glace plus ou moins épaisse, rendant la pose de la nasse peu aisée et dangereuse. Dès lors, la décision fût prise de placer la nasse le 2 mars 2004 en mode entrée, alors que la température de l'eau avoisinait les 5°C, et que la glace était complètement disparue.

2.3.2.2 Population présente dans la noue

Suite aux études effectuées par Tans (2000) sur le site, nous nous attendions à observer une entrée massive de brèmes adultes dans la noue juste avant le frai, ce qui fut le cas. Nous pouvons considérer cette migration comme une migration de frai, c'est-à-dire une migration ayant pour but précis la reproduction. Ce passage massif nous permet de savoir que le frai va se dérouler dans les jours qui le suivent. Nous savons donc quand nous pouvons débiter les pêches dans la noue sans gêner la reproduction de cette espèce.

Une fois que cette migration de frai fût terminée, nous avons effectué des pêches en vue de tenter d'estimer la population présente dans l'annexe. Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode de capture-marquage-recapture (comme décrite au point 2.1.1.2). Pour la recapture, nous avons effectué 4 journées de pêches aux filets maillants et à l'électricité. Les mailles utilisées étaient de 20, 30, 50 et 70 mm et chaque filet mesurait 50 m. Deux filets de 50m seront attachés bouts à bouts et posés pendant 2 heures dans la noue. La noue étant partiellement couverte de nénuphars, la place disponible pour la pose des filets est fortement limitée, ce qui explique pourquoi les filets sont posés 2 à 2 à deux endroits différents (Figure 2.6). Les pêches à l'électricité ont été réalisées grâce à un groupe électrogène de type déka 3 (courant continu, 400V, 6A), sur une longueur de plus ou moins 100 m. Quatre campagnes de pêches d'une journée ont été menées du 8 au 15 juin. Les données fournies par les individus capturés dans la nasse placée en mode sortie ont également été intégrée à l'évaluation du stock présent dans la noue.

Le modèle mathématique utilisé pour l'estimation de la densité de brème dans la noue est celui de Petersen, qui est décrit dans le point 2.3.3.2, car le milieu est considéré comme fermé.

2.3.2.3 Passage des poissons de la noue vers le fleuve

Une fois la migration de frai terminée, la nasse a été placée en mode sortie afin de laisser libre cours aux individus souhaitant quitter la noue. Nous tentons dès lors d'observer si, en comparaison aux études menées par Molls (1999) ; Grift *et al.* (2001) et Hohausová *et al.* (2003), les sorties de brèmes de la noue vers le fleuve sont limitées à certaines classes de taille.

La nasse a donc été placée en mode entrée du 2 mars 2004 au 3 juin 2004 et en mode sortie du 3 juin 2004 au 16 juin 2004. Nous désirions prolonger l'expérience plus longtemps, jusque mi-juillet, mais la nasse a été braconnée plusieurs fois entre le 16 et le 24 juin, ce qui nous a poussé à la sortir de la connexion et à la camoufler momentanément de manière à ce que ce regrettable incident ne se produise plus. Elle fut remplacée du 9 au 19 juillet afin de compléter les résultats du mois de juin.

Troisième partie:

résultats

Troisième partie: résultats

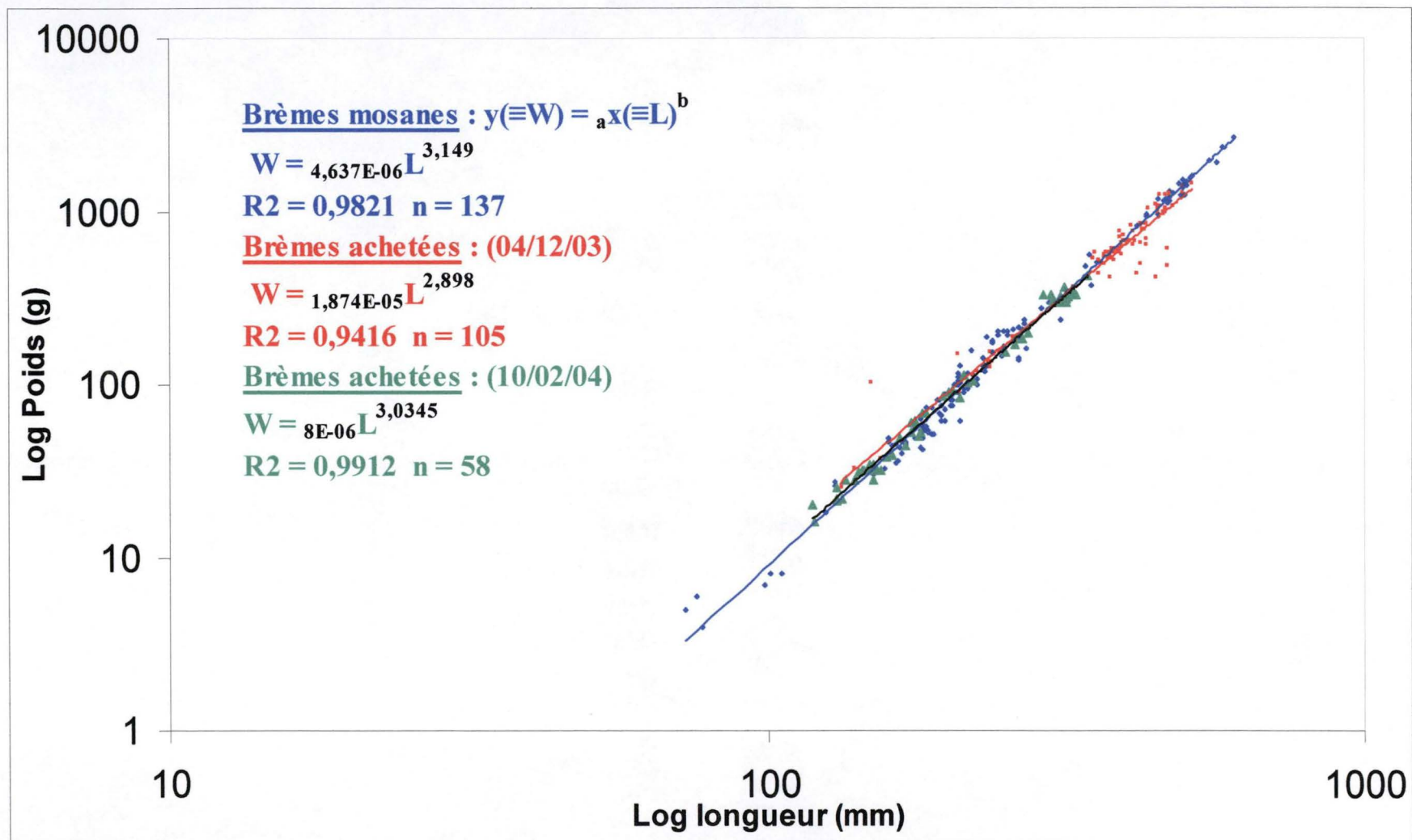


Figure 3.1 : Diagramme logarithmique de la relation poids-longueur des différentes brèmes communes : Brèmes achetées 2003, brèmes achetées 2004 et brèmes mosanes.

3.1 Paramètres de dynamique de population

3.1.1 Relation poids-longueur et facteur de condition

Les relations poids-longueur des brèmes de repeuplement et des brèmes mosanes sont présentées à la figure 3.1. On observe sur cette figure les droites de régression du logarithme du poids en fonction du logarithme de la longueur. La relation est du type $y = ax^b$. y correspond au poids $W(g)$ et x à la longueur $L(mm)$. Les différentes valeurs de a et de b sont affichées à la figure 3.1. Une étude statistique (test de comparaison de pentes, Dagnelie, 1970) a été effectuée pour mettre en évidence les éventuelles différences entre les pentes de ces relations. Il s'avère que les brèmes mosanes et les brèmes marquées en décembre 2003 ont des pentes qui sont hautement significativement différentes ($p < 0.01$) (annexe 1). Les autres relations, par contre, ne présentent aucune différence significative entre-elles.

Un histogramme illustrant le facteur de condition moyen (K) de chacune des 3 populations est présenté à la figure 3.2. Remarquez que le K des brèmes du 1^{er} marquage (4 décembre 2003) est plus élevé (1,51) que celui des brèmes du second marquage (0,92) (3 février 2004). Le K des brèmes mosanes (pêchées de mars à fin avril 2004) se situe quant à lui entre les deux autres (1,02). Le détail du calcul des différents K est présenté dans l'annexe 2.

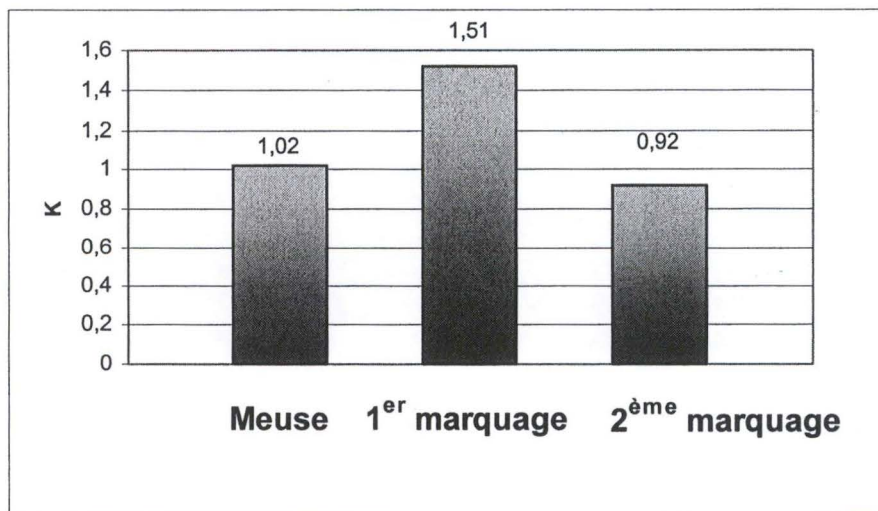


Figure 3.2 : Comparaison des moyennes des facteurs de condition (K) des brèmes mosanes, des brèmes du premier marquage (04/12/03) et des brèmes du second marquage (03/02/04).

3.1.2 Paramètres de Von Bertalanffy et relation âge-longueur

3.1.2.1 Rétro-calcul

Le détail des calculs des paramètres de Von Bertalanffy est présenté dans l'annexe 3.

Le nombre d'écaïlles étant fixe durant toute la vie du poisson, elles grandissent forcément en même temps que lui. Nous pouvons de ce fait établir une relation entre la longueur de l'écaïlle et celle du poisson (figure 3.3).

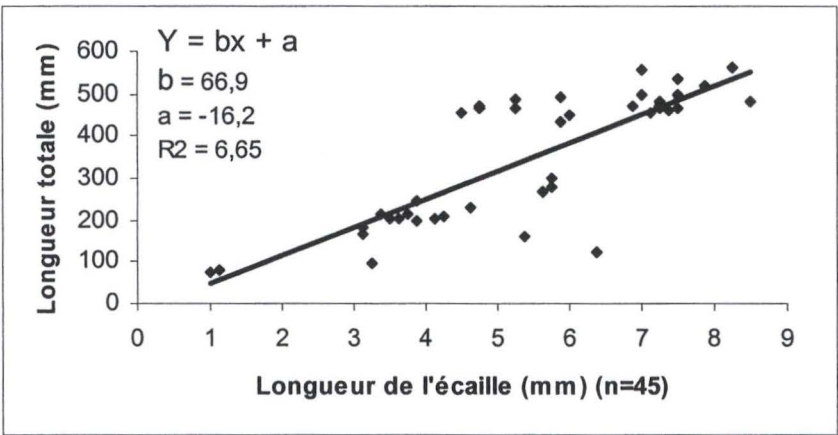


Figure 3.3 : Relation entre la longueur totale des brèmes communes et celle de leurs écaïlles.

Nous remarquons que l'ordonnée à l'origine est négative. Sa valeur est de -16.2. Chaque distance séparant le foyer des différents annuli est mesurée au rétro projecteur, divisée par le grossissement de l'appareil et intégrée dans le tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Longueur (mm) du foyer des écaïlles aux annuli aux différents âges des brèmes communes de Meuse. Rn = rayon de l'annuli à l'âge n.

N (écaïlles)	Groupe d'âge	L1(mm)	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
2	1	0,75							
3	2	0,96	1,88						
10	3	0,89	1,86	2,92					
9	4	0,78	1,72	3,00	4,00				
6	5	0,81	1,90	3,15	4,33	5,29			
6	6	0,81	1,83	3,13	4,21	5,38	6,33		
6	7	0,79	1,81	3,04	4,13	5,08	5,83	6,40	
2	8	0,81	2,19	3,13	4,31	5,31	6,06	6,75	7,38
Moyenne (mm) (Rn) :		0,83	1,88	3,06	4,20	5,27	6,08	6,57	7,38

Le tableau 3.2 fourni les données de longueur totale des brèmes et des écailles nécessaire à la résolution de l'équation de croissance rétro-calculée :

Age (années)	Ra (mm)	L t (mm)
1	1,1	75,5
2	3,2	148,0
3	4,0	238,2
4	5,4	353,3
5	6,4	421,8
6	7,2	471,3
7	7,5	501,5
8	8,375	522,5

Tableau 3.2 : Longueur totale des brèmes communes (Lt) et longueur totale de l'écaille (Ra).

En intégrant les données du tableau 3.1 et 3.2 dans l'équation de croissance rétro-calculée :

$$L_n = a + R_n/R_a (L_t - a)$$

où L_n est la longueur totale du poisson à l'âge n , R_n est la distance séparant le foyer de l'annuli de l'âge n , R_a la longueur totale de l'écaille et L_t la longueur totale du poisson au temps t , On peut attribuer au poisson une longueur pour chaque âge.

$$L_1 = -16.2 + 0.83/1.1(75.5 + 16.2)$$

$$L_2 = -16.2 + 1.88/3.2(75.5 + 16.2)$$

Et ainsi de suite pour chaque âge, les résultats sont présentés au tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Longueur rétro-calculées des poissons aux différents âges.

L1	5,591
L2	8,199
L3	18,087
L4	27,361
L5	34,703
L6	39,525
L7	43,751
L8	45,850

On dresse la relation entre l'âge du poisson et sa longueur totale rétro-calculée (figure3.4) :

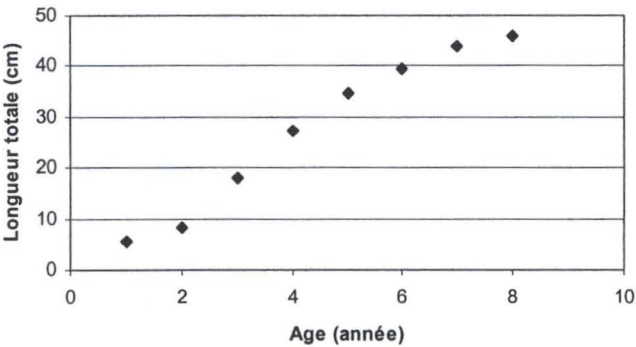


Figure 3.4 : Relation entre la croissance linéaire rétro-calculée et l'âge des brèmes mosanes.

3.1.2.2 Droite de Ford-Walford

La figure 3.5 illustre la relation entre l'âge au temps t et l'âge au temps t+1 des brèmes communes de Meuse (droite de Ford-Walford). Il s'agit d'une équation du type $y = bx + a$. Les valeurs des constantes a et b de cette droite sont respectivement 0.906 pour a et 8.133 pour b. L'intersection entre la diagonale à 45° et la droite de régression des longueurs au temps t et t+1 nous renseigne sur le L_{∞} des brèmes mosanes. Sa valeur peut être calculée mathématiquement ($L_{\infty} = a/1-b$) est :

$8.1332 / (1-0.9059) = 86.6 \text{ cm}$

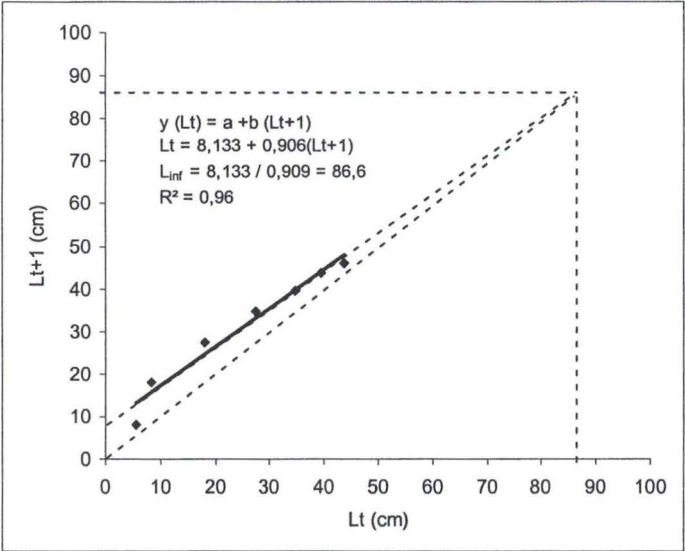


Figure 3.5 : Relation entre l'âge au temps t et l'âge au temps t+1 des brèmes communes de Meuse (droite de Ford-Walford).

3.1.2.3 Droite de Von Bertalanffy et relation age-longueur

La figure 3.6 représente la droite de Von Bertalanffy. Elle a permis de définir, sur base de la valeur du L_{∞} donné par la droite de Ford-Walford, les valeurs de K ($K = b$) et t_0 ($t_0 = -a/b$) qui sont respectivement 0.108 et 0.62.

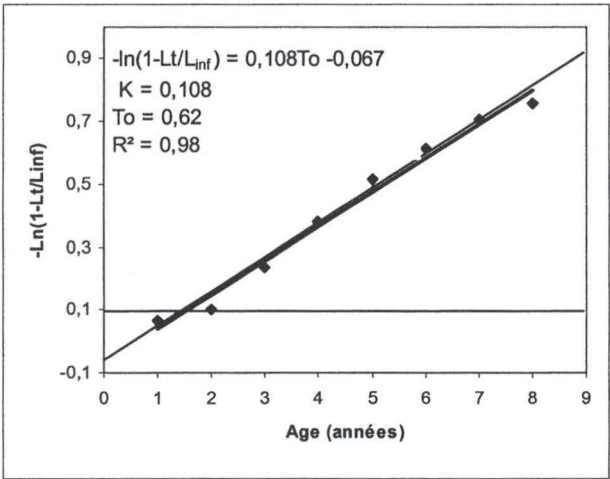


Figure 3.6 : Droite de Von Bertalanffy des brèmes mosanes.

Nous pouvons donc dès lors faire rentrer ces paramètres dans l'équation de Von Bertalanffy : $L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$

$$L(t) = 86 (1 - e^{-0.115(t-0.7526)})$$

In fine, on dresse la relation longueur-âge de Von Bertalanffy pour les brèmes communes (figure 3.7) :

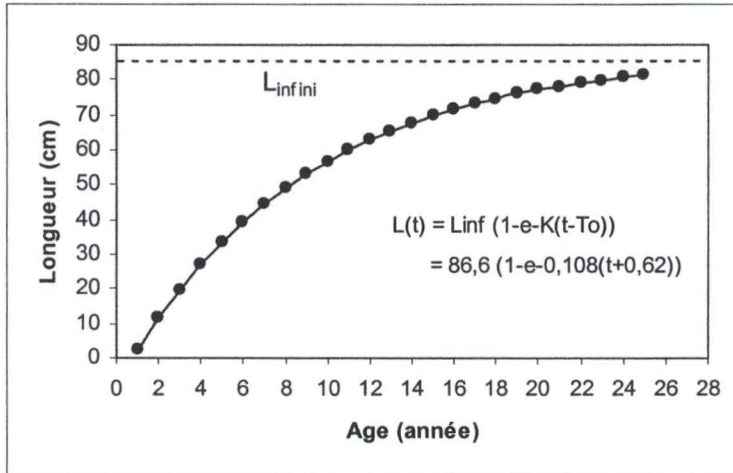


Figure 3.7 : Equation de croissance linéaire de Von Bertalanffy pour les brèmes communes en Haute Meuse.

On peut à présent calculer l'équation de croissance pondérale en multipliant L par les constantes de l'équation poids-longueur :

$$W = a *_{\infty}^b (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

$$W = 4.637 * 10^{-6} * 86.6^{3.149} (1 - e^{-108(t+0.62)}) = 8250 \text{ g}$$

On obtient alors la relation illustrée à la figure 3.8. Le W_{∞} vaut : 8250 g.

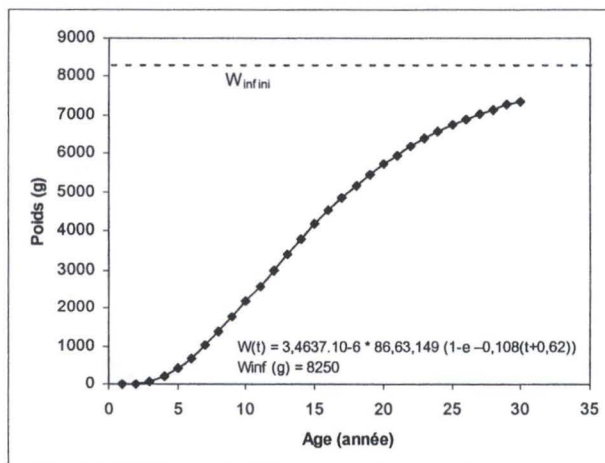


Figure 3.8 : Equation de croissance pondérale de Von Bertalanffy pour les brèmes mosanes.

3.1.3 Efficacité et sélectivité des engins de capture

3.1.1.1 Efficacité des engins de capture

La figure 3.9 présente la fréquence des captures de brèmes communes en Haute Meuse avec les différents engins de pêche. La nasse de capture et les filets maillants représentent à eux seuls 95 % des captures. Nous constatons que le piège à la remontée de l'échelle de Tailfer et la pêche à l'électricité ne se sont pas révélés être des techniques efficaces.

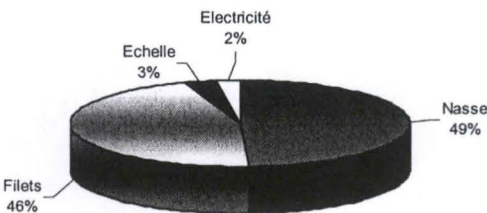


Figure 3.9 : Abondance relative de brèmes communes capturées en Haute Meuse capturées avec les différents engins de pêche.

3.1.1.2 Sélectivité des engins de capture par rapport au marquage

Le tableau 3.4 illustre la fréquence des recaptures de brèmes communes marquées en fonction du mode d'échantillonnage pratiqué :

Tableau 3.4 : Proportion de poissons marqués et non marqués en fonction du mode de pêche utilisé.

	Nasse	Filets	Echelle	Electricité
Nombre de captures	110	102	7	5
Non marqués	100	99	7	4
Marqués	10	3	0	1
% marqués/non marqués	10	3	0	20

Nous remarquons que la fréquence de recapture d'individus marqués varie nettement d'un mode de capture à l'autre. Cependant, nous remarquons également que les fréquences de recaptures à l'échelle et à la nasse sont basées sur peu d'individus.

La figure 3.10 illustre quant à elle la diminution de fréquence de recapture de brèmes communes marquées en fonction du mois de l'expérience, toute technique d'échantillonnage confondue.

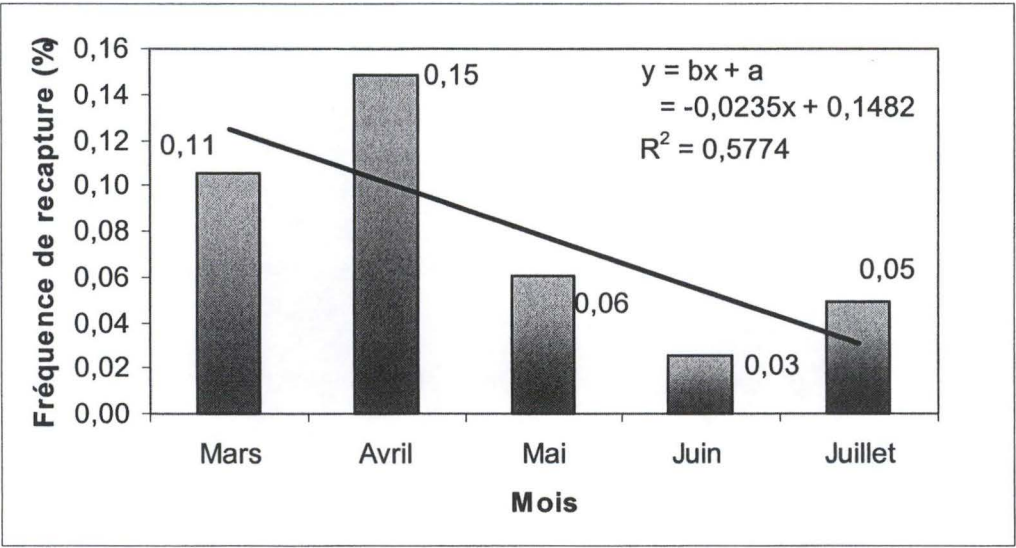


Figure 3.10 : Fréquence de recapture de brèmes marquées du mois de mars au mois de juillet toute technique d'échantillonnage confondue.

3.1.1.3 Sélectivité des mailles de filets

Le tableau 3.5 illustre le pourcentage de captures en fonction de la maille utilisée, en tenant compte des unités d'effort. On constate que les mailles de 70 et 80 mm représentent à elles seules 50 % des captures totales, alors que la maille de 60 mm semble être la moins efficace.

Maille (mm)	20	30	40	50	60	70	80
N(capture)	2	8	5	10	2	47	28,2
UE (N)	4	16	10	20	4	94	10
CPUE (N)	1	1,6	1	1	0,4	2,1	2,8
CPUE (%)	10,1	16,1	10,1	10,1	4,0	21,5	28,2

Tableau 3.5 : Sélectivité des filets pour la prise de brèmes communes en Meuse en fonction de la maille utilisée. N (capture) = nombre de captures, UE = unité d'effort, CPUE = capture par unité d'effort (en nombre d'individus) et CPUE (%) = CPUE exprimé en %.

3.1.4 Distribution fréquence-taille des brèmes communes

3.1.4.1 Distribution fréquence-taille des brèmes capturées aux filets maillants

Pour obtenir un échantillonnage au mieux représentatif de la population en place, une large gamme de mailles de filets a été utilisée en Meuse (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 mm). Comme toutes les mailles n'ont pas été utilisées avec le même nombre d'efforts, nous devons en tenir compte. Le tableau 3.5 (§ 3.1.1.3) nous renseigne sur le nombre de poissons capturé par unité d'effort en fonction de la maille. Chaque poisson est placé dans une classe de taille

allant de 50 mm en 50 mm. Le nombre total de poisson par classe de taille est alors multiplié par l'unité d'effort de la maille avec laquelle il a été capturé et divisé par le nombre total d'unité d'effort. On obtient alors un nombre de capture par unité d'effort (CPUE). On multiplie alors les CPUE par le nombre total de poissons capturés, toutes mailles confondues. Nous obtenons de cette manière un nombre d'individus par classe de taille comme si nous avions placés toutes les gammes de maille avec les mêmes unités d'effort.

La figure 3.11 illustre le nombre théorique de capture par unité d'effort. On remarque que, d'une manière générale, on capture peu d'individus dont la taille est inférieure à 200 mm. On remarque également que les brèmes dont la taille est comprise entre 300 et 350 mm sont peu nombreuses.

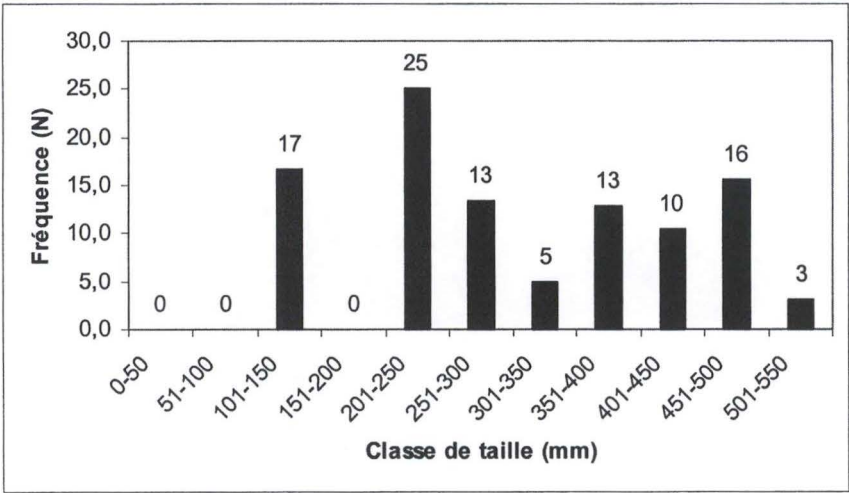


Figure 3.11 : Distribution fréquence-taille des captures aux filets maillant toutes mailles confondues par unité d'effort.

3.1.4.2 : Comparaison des distributions fréquence-taille des brèmes achetées et des brèmes mosanes

La figure 3.12 compare les distributions fréquence-taille des brèmes pêchées en Meuse et des brèmes achetées en pisciculture. Nous remarquons que toutes les classes de taille sont représentées dans chaque type d'échantillon. Toutefois, des différences de fréquence nette apparaissent entre certaines classes de taille.

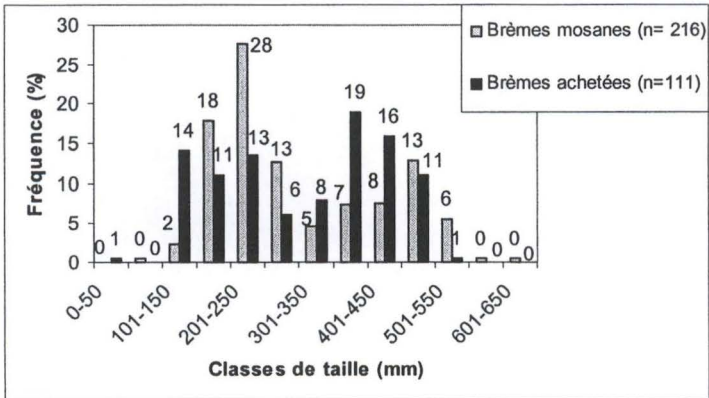


Figure 3.12 : Distribution fréquence-taille des brèmes communes achetées et des brèmes communes mosanes.

3.1.4.3 Comparaisons des 3 distributions fréquence-taille des brèmes capturées

Pour des questions de pratique, les gammes de filets posées dans la noue ne pouvaient pas être si diversifiées. Nous n’avons utilisé que des mailles de 20, 30, 50 et 70 mm avec un nombre d’effort constant. Les captures à l’échelle et à l’électricité n’ont pas permis de capturer suffisamment d’individus que pour pouvoir établir une distribution fréquence-taille. La figure 3.13 illustre les trois distributions fréquence-taille des individus capturés en Meuse et dans la noue. Nous ne considérons ici que les classes de taille entre 200 et 550 mm, le but de cette figure est de montrer le peu d’individus compris entre 300 et 350 mm dans les 3 distributions. Pour les filets, les captures par unité d’effort sont prises en compte. Pour donner le même poids à chaque distribution fréquence-taille, on ramène les CPUE au nombre total d’individus capturés par technique.

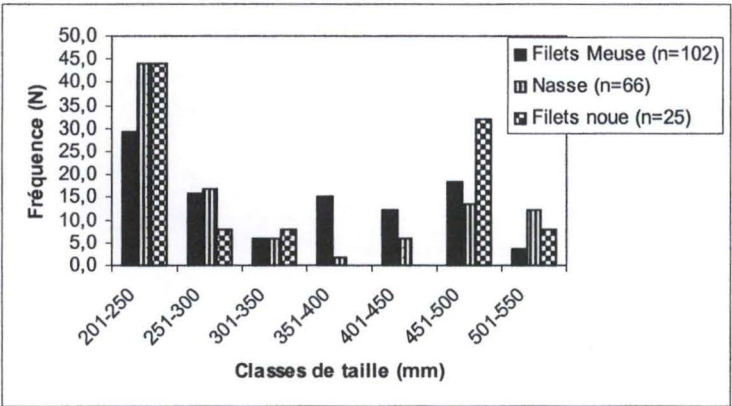


Figure 3.13 : Comparaison des distributions fréquence-taille des brèmes communes capturées à la nasse, au filet en Meuse et au filet dans la noue.

3.2 Evaluation du stock de brèmes en Haute Meuse

3.2.1 Evaluation du stock selon la méthode de Schnabel

Le détail des calculs intervenant dans l’évaluation du stock de brèmes commune en Haute Meuse se trouve dans l’annexe 4.

La méthode de Schnabel, basée sur l’évolution de la fréquence de recapture de brèmes marquées en fonction du temps (Tableau 3.6), a permis d’évaluer le stock de brèmes dans le bief de Tailfer. Le tableau 3.3 illustre la fréquence de recapture d’individus marqués.

Tableau 3.6 : Fréquence de recapture de brèmes communes en fonction du mois.

Mois	Marqués (N)	Non marqués (N)
Mars	4	38
Avril	4	27
Mai	2	33
Juin	1	39
Jullet	3	61

La densité de brèmes communes par hectare, c'est-à-dire par 100 m de tronçon mosan puisque la largeur moyenne du Fleuve à cette hauteur est de 100 m, est obtenue en divisant le nombre total d'individus estimé par Schnabel (17700) par la surface totale du bief (64ha). On obtient de cette manière une densité de 276+/-14 individus par hectare. Pour calculer une biomasse par unité de surface, il nous faut multiplier ce nombre par le poids moyen des poissons.

Pour obtenir un poids moyen le plus représentatif possible de la population en place, nous devons essayer de dresser une distribution fréquence-taille la plus représentative possible de cette population. Pour ce faire, nous avons groupé les captures au filet en Meuse en tenant compte des unités d'effort (§ 3.1.4.1) et les individus capturés à la nasse. Nous connaissons alors le nombre total d'individus par classe de taille (figure 3.14). Nous calculons le poids moyen pour chaque classe de taille, puis le poids moyens de toutes les classes de tailles, en tenant compte du nombre de poissons qu'elles contiennent .Le détail de ces calculs est présenté à l'annexe 5. Le poids moyen calculé pour les brèmes mosanes est de 472.9 g, ce qui donne une biomasse moyenne de brème de 135 +/- 20 kg/ha dans le bief de Tailfer.

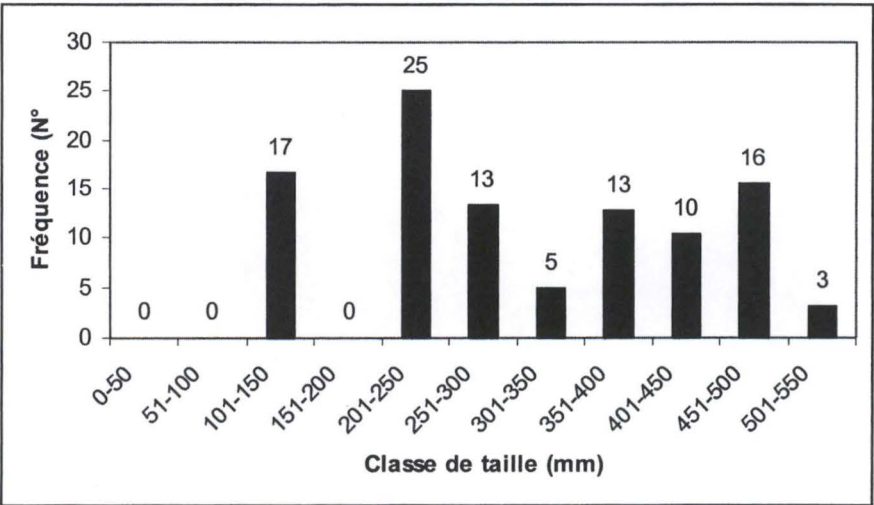


Figure 3.14 : Distribution fréquence-taille des individus capturés à la nasse et aux filets maillants.

3.3 La brème et les noues

3.3.1 Entrée des poissons dans la noue

3.3.1.1 Entrées de différentes classes de tailles

La figure 3.15 présente la fréquence des différentes classes de tailles de poissons entrant dans la noue en fonction du mois de l'année. Remarquez que l'on retrouve les 3 mois les classes de tailles comprises entre 51 et 400 mm et que l'on ne retrouve les classes de taille supérieure à 401 mm uniquement au mois de mai. La figure 3.16 illustre quant à elle la température de l'eau de la noue durant les différents mois.

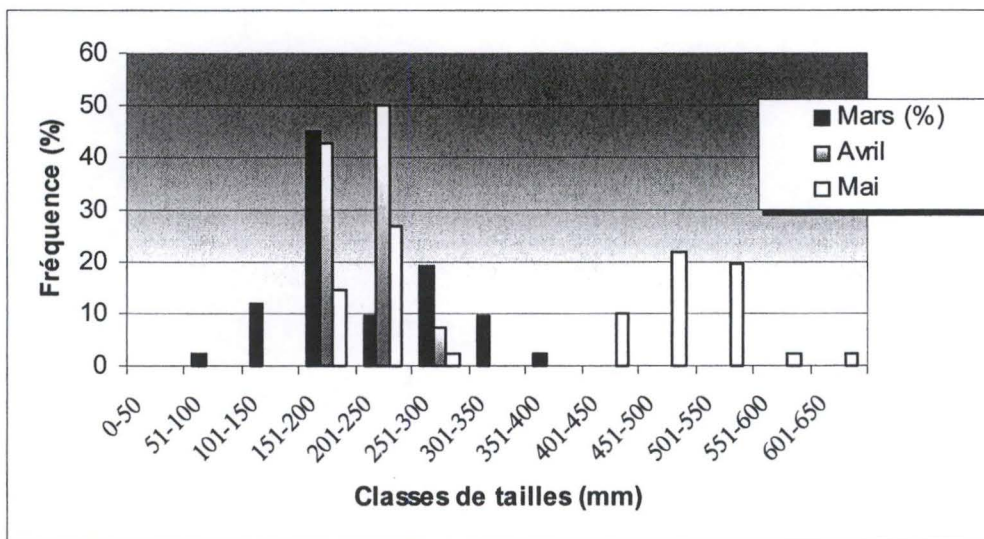


Figure 3.15 : Histogramme de fréquence-taille de brèmes communes entrant dans la noue de Tailfer au mois de mars, avril et mai.

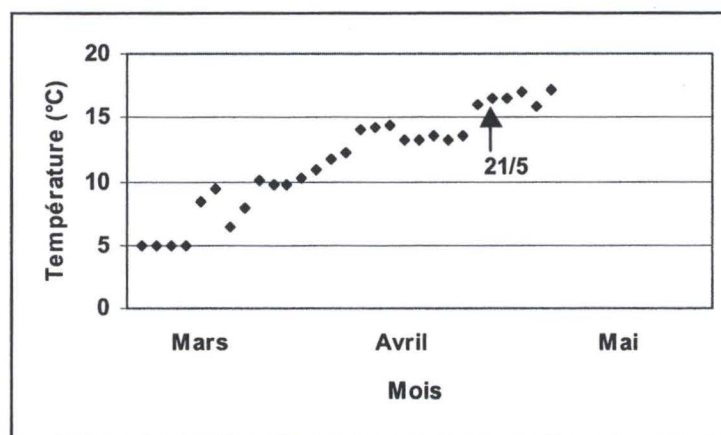


Figure 3.16 : Evolution de la température de l'eau dans la noue de Tailfer :

↑ : entrée massive de géniteurs.

Nous constatons que l'entrée massive de géniteur a débuté le 21 mai, alors que la température de l'eau avoisinait les 16.5°.

3.3.1.2 Entrée de poissons présentant des boutons nuptiaux

La figure 3.17 illustre, parmi les brèmes entrant dans la noue aux différents mois, la fréquence des individus présentant des boutons nuptiaux. Nous remarquons que tous ces individus au mois de mai, à l'exception d'un seul au mois d'avril. Il s'agit en fait de ces géniteurs qui entrent dans la noue durant la deuxième quinzaine du mois de mai. Ce graphique confirme donc que les individus de grande taille qui entrent au mois de mai sont matures et en période de frai.

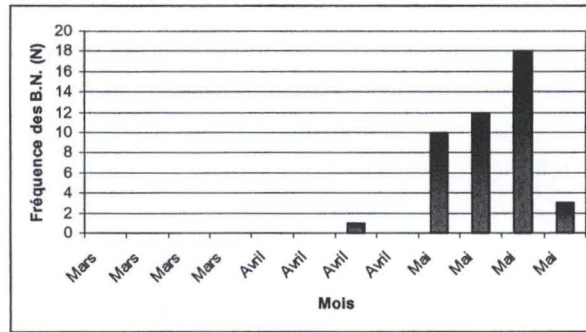


Figure 3.17 : Fréquence des individus entrant dans la noue et présentant des boutons nuptiaux.

3.3.1.2 Comparaison de la biomasse de brèmes entrant dans la noue et de la biomasse en Meuse.

Si l'on somme les poids de toutes les brèmes communes qui sont entrées dans la noue de Tailfer entre le 02 mars et le 02 juin, on obtient le chiffre suivant : 45 kg. Nous remarquons que, en comparaison aux biomasses de brème en Meuse (135 kg/ha), les individus migrants vers la noue de Tailfer ne représentent qu'une petite partie du stock mosan.

3.3.2 Sortie de l'annexe et population présente dans la noue

La nasse a été placée en mode sortie le 03 juin 2004 au 19 juillet 2004. La figure 3.18 illustre la fréquence des individus sortants de la noue. A l'exception d'un individu, tous les poissons sortant de la noue sont compris entre 125 et 375 mm. Il s'agit donc d'individus dont l'âge est compris entre 1+ et 6+.

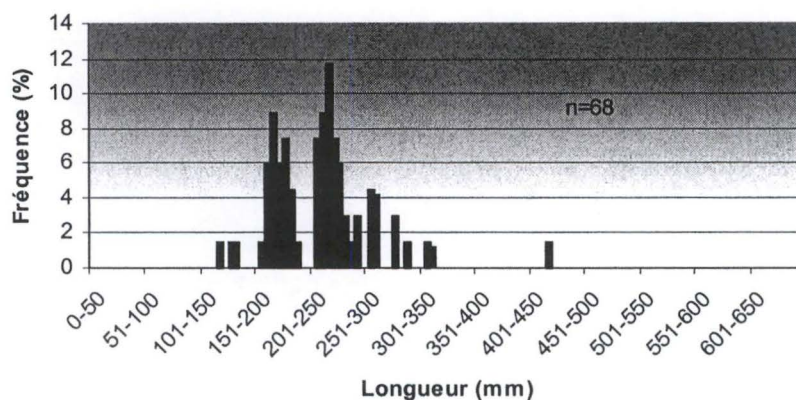


Figure 3.18 : Fréquence des individus sortant de la noue de Tailfer entre le 03 juin et le 19 juillet.

La figure 3.19 illustre la fréquence des classes de taille capturées dans l'annexe. Nous remarquons qu'aucun poisson entre 350 et 450 mm n'a été pêché. Cette lacune dans les classes de taille est semblable aux lacunes observées dans les captures mosanes. Hormis cette absence d'individus dont l'âge est compris entre 4+ et 6+, toutes les classes d'âge sont présentes dans l'annexe.

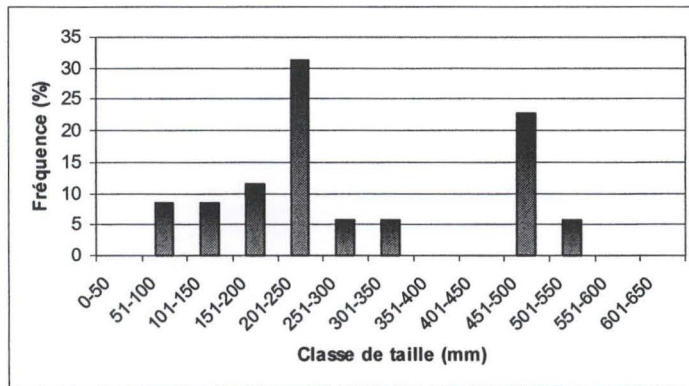


Figure 3.19 : Distribution fréquence-taille des individus capturés dans la noue de Tailfer.

3.3.3 Biomasse présente dans la noue

Un des objectifs de ce travail était d'évaluer la biomasse de brème présente dans la noue. Les faibles taux de recapture et l'estimation du stock par la formule de Bailey (Begon, 1980) fournissent malheureusement une estimation de la biomasse dont les écarts-types sont complètement démesurés.

Quatrième partie: discussion

4.1 Paramètres de dynamique de population

Parmi les différentes pentes des droites de relation poids-longueur des populations de brèmes, celle concernant les brèmes mosanes présente une différence significative avec la pente des brèmes du premier marquage. Le b des brèmes mosanes (3,15) est plus élevé que celui des brèmes du premier marquage (2,90). Une des raisons pouvant peut être expliquer cette différence est le milieu de vie de ces brèmes, les unes vivant dans un milieu fluvial, les autres dans un milieu d'eau stagnante. Cependant, les causes de différences entre les pentes de nos relations poids-longueur ne présentant pas de réel intérêt dans le cadre de ce travail, nous ne tenterons pas de les définir.

En hiver, la brème ne se nourrit quasiment plus. Elle peut perdre jusqu'à 16 % de son poids (Szczerbowski, 1995). Cela peut sans doute expliquer pourquoi le facteur de condition des brèmes achetées en décembre 2003 (1,51) est plus élevé que celui des brèmes achetées en février 2004 (0,92). Le facteur de condition des brèmes mosanes (1,02), en comparaison avec d'autres issus de la littérature, semble être assez bas. Kangur (1996) décrit des populations de brèmes dans le lac Peipsi dont le facteur de condition est de 2,09. Treer et ses collaborateurs (2003) ont pêchés des brèmes dans la portion Croate du Danube dont le K était de 2,52. Cependant, les populations de brèmes décrites par Kangur (1996) étant issues de lacs, leur facteur de condition n'est pas comparable à un facteur de condition de brèmes vivant dans un milieu fluvial. Toutefois, la comparaison de facteurs de condition est difficile car ceux-ci ne sont pas toujours établis au même moment, or, on sait que les facteurs de condition varient fortement en fonction de la période de l'année. Une manière peut être plus idéale de comparer des facteurs de condition serait d'établir un K à des périodes différentes de l'année et ensuite de calculer un facteur de condition annuel moyen.

Par ailleurs, Tierney et ses collaborateurs (1999) ont effectué une étude dans trois canaux irlandais qui a montré que densité et croissance des brèmes communes sont directement influencées par la biomasse totale de poisson, toutes espèces confondues. Cependant, excepté pour le gardon (*Rutilus rutilus* L.), nous ne connaissons pas les densités de poissons en Meuse. Nous ne pouvons donc pas connaître l'influence des autres espèces sur la croissance et la densité de brèmes communes. Toutefois, même si l'on ne connaît pas les densités totales de poisson, la Meuse semble être une rivière abritant des biomasses de poissons élevées en comparaison avec d'autres milieux, car brèmes et gardons totalisent à eux seuls une biomasse de près de 350 kg.ha⁻¹. Tierney *et al.* (1999) Citent par un exemple un canal irlandais, qu'ils qualifient de productif, dont la biomasse totale de poisson atteint 300 kg par ha toutes espèces confondues.

Deux faits semblent montrer que notre échantillonnage ne contient pas de brèmes aussi âgées que celles que l'on pourrait rencontrer en Haute Meuse : parmi les poissons pêchés, les brèmes les plus grandes n'ont que 10 ans, alors que la brème peut parfois vivre plus de 20 ans (Kangur, 1996). Par ailleurs, une absence de poissons âgés dans les échantillons peut entraîner une surestimation de la longueur asymptotique (Pauly, 1992 *in* Zivkov *et al.*, 1996). Or, le L_{∞} des brèmes mosanes (86,6 cm) semble particulièrement élevé au vu de la longueur des plus gros individus (maximum : 60,3 cm).

Le L_{∞} de la brème peut être très variable, on trouve dans la littérature des brèmes dont les valeurs de L_{∞} oscillent entre 45 cm dans le lac Balaton (Dauba & Biro, 1992) et 125 cm

dans la Vistule en Pologne (Pauly, 1979). Une valeur de L_{∞} semblable à la notre est celle des brèmes du lac Constance en Allemagne (84 cm) (Backiel & Zawisza, 1968).

4.2 Efficacité et sélectivité des engins de capture

L'efficacité des engins de capture se montrant très variable vis-à-vis de la brème, on ne peut que conseiller aux autres scientifiques qui doivent capturer ce poisson de se limiter aux plus efficaces, afin de ne pas perdre de temps.

Les filets permettent de capturer beaucoup de brèmes à condition d'utiliser les bonnes mailles et de placer les filets à certains endroits, car l'efficacité des pêches s'est avérée être très variable d'une zone à l'autre. La sélectivité de la maille du filet n'est pas non plus à négliger, car les petites mailles s'avèrent être très peu efficaces pour prise la brème. Bien que les efforts de pêche ont été nombreux, que différentes classes de mailles furent utilisées et que les filets ont été placés à des sites du fleuve très variables (le long des berges, derrière les barrages, au milieu du cours d'eau, en eau calme,...), la capture de certaines classes de taille en Meuse est rare (figure 3.10, chapitre 3).

Si les efforts de pêches ont été plus nombreux avec certaines mailles qu'avec d'autres, c'est parce que les efforts de pêche avec les mailles les plus efficaces ont été multipliés afin d'augmenter la probabilité de recapture d'individus marqués, nécessaire à une bonne estimation du stock. Le problème est que, dans ce cas, la diversité des classes de taille de poissons risque de ne pas être représentative de la population en place.

La nasse s'est également avérée très efficace pour la capture de brèmes. Elle présente l'intérêt de fournir en nombre des poissons en n'exigeant qu'une quantité de travail restreinte. Cela est bien évidemment fort utile car il est préférable de posséder un maximum d'individus pour définir les paramètres de dynamique de population.

La pêche à l'électricité, malgré des efforts de pêche répétés, s'est avérée complètement inefficace, exception faite peut-être pour les adultes en période de frai. Même en effectuant des pêches le long des berges, presque aucune brème ne fut prise grâce à cette technique. Il n'y a qu'au moment du frai, dans les eaux peu profondes où la végétation aquatique était abondante, que quelques brèmes ont pu être capturées. Ces zones sont en fait des sites de reproduction.

Les captures de brèmes à l'échelle à poissons furent également très limitées. Les migrations de brèmes dans les échelles sont normalement importantes. Ainsi, sur l'année 1999, dans l'échelle de l'écluse de Lixhe, de nombreuses brèmes ont été capturées lors de la montaison (Philippart, 2000). La faible quantité de brèmes capturées dans le piège de l'échelle pourrait s'expliquer par la défectuosité du déflecteur de l'échelle. Ce déflecteur, dispositif censé retenir les impuretés charriées par le fleuve, est partiellement cassé. Les débris flottants rentrent alors dans l'échelle et vont boucher les grilles du piège empêchant l'eau de circuler normalement et semblant gêner la montaison des gros poissons, notamment les brèmes.

En principe, le marquage ne doit pas affecter la probabilité de capture des poissons. On remarque cependant une nette différence de fréquence de recapture d'une technique à l'autre (tableau 3.1, chapitre 3). En réalité, ces résultats sont explicables : Le piège de l'échelle de Tailfer et les pêches à l'électricité n'ont pas permis de capturer suffisamment de

poissons que pour refléter la proportion de brèmes marquées et non marquées dans la population en place. Ces résultats peuvent dès lors être écartés. La différence de fréquence de recapture à la nasse et aux filets maillants ne s'explique pas par le mode de pêche utilisé, mais bien par le moment de l'année ou les prélèvements ont été effectués. La proportion d'individus marqués/non marqués diminuant dans le milieu suite à l'immigration de brèmes non marquées, la proportion d'individus marqués/non marqués capturés à la nasse, placée du mois de mars au mois de mai, est moindre que la proportion marqués/non marqués des individus capturés aux pêches aux filets, pratiquées de la mi juin à la mi juillet.

4.3 Distribution fréquence-taille des brèmes mosanes

Malgré la diversité des engins de prélèvement, les échantillons ne suivent pas une distribution fréquence-taille classique, exponentiellement décroissante. Il existe entre autres un point commun particulier à toutes ces distributions fréquence taille : la rareté des individus variant entre 300 et 400 mm. Ces poissons ont un âge qui est compris entre 4 et 6 ans, ils sont donc nés au printemps 1999 et 2000. Il est possible que leur rareté s'explique par un problème de recrutement ces années-là. Des pluies exceptionnelles peuvent survenir au moment où les larves commencent à s'alimenter, la quantité de plancton est alors très réduite et on assiste à des mortalités massives chez les alevins. Pourtant, il n'y a pas eu de coup d'eau en mai 2000, le débit de la Meuse n'a oscillé qu'entre 100 et 175 m.s⁻³. L'origine du problème concernant ces cohortes ne réside donc pas dans des précipitations abondantes. Beaucoup de facteurs peuvent être à l'origine d'une mortalité massive d'alevins, il est difficile dans ce cas de déterminer quel facteur a pu causer une telle mortalité.

Si nous ne pouvons pas être sûr que ces lacunes dans les données soient le reflet parfait de la population en place car il est possible que ce biais soit dû à la sélectivité de l'échantillonnage, la même anomalie se retrouve dans les trois distributions fréquence-taille. Il serait donc logique de penser que la même coïncidence ne puisse pas se produire trois fois.

4.4 Evaluation du stock de brème en haute Meuse

Lors des séances de marquage, les poissons marqués sont relâchés dans le milieu naturel et on suppose qu'ils se mélangent de manière homogène avec les sujets sauvages. Une fois ce mélange effectué, la proportion d'individus marqués ne change que suite à l'immigration dans le milieu d'individus non marqués. Le taux d'émigration et de mortalité touchant tant les individus marqués que non marqués, cette proportion marqués/non marqués ne change pas. Une première évaluation du stock par le modèle de Petersen ayant fourni des valeurs démesurées, le modèle mathématique utilisé fut celui de Schnabel (Begon, 1980).

Parmi tous les facteurs pouvant affecter la population de poisson, le seul susceptible de fausser l'évaluation de la proportion d'individus marqués est une mortalité ou une émigration massive lors du lâché des poissons de pisciculture en milieu naturel. Nous ne connaissons jamais, sur tous les individus marqués et relâchés en Meuse, combien sont morts ou ont dérivé des suites de la manipulation ou du changement de milieu. Toutefois, au vu des précautions avec lesquelles ces opérations se sont déroulées, des taux de recaptures relativement élevés de poissons marqués et des faibles écarts-types fournis par le modèle de Schnabel, nous sommes en mesure de penser qu'une large majorité des animaux ont survécus au marquage. Un argument supplémentaire en faveur de la validité du modèle est le parallélisme entre les classes de tailles marquées et les classes de taille capturées.

Par ailleurs, la pêche par filets de senne est malheureusement impossible en Haute Meuse suite à la présence de débris en tous genres dans le lit du fleuve (cailloux, machines à laver,...)(Goffaux, *Com. Pers.*). Nous sommes donc forcés de nous contenter des distributions fréquences-taille fournies par les autres techniques de captures, souvent bien plus sélectives que les captures par filets de senne.

Nous pensons que le nombre d'individus par ha calculé est sans doute plus proche de la réalité que la biomasse par ha calculée. En effet, la distribution fréquence-taille ne suivant pas un profil classique, on peut imaginer que la sélectivité des engins de capture entraîne une légère erreur sur le calcul du poids moyen.

Pour une estimation correcte de densité de poissons par la technique de marquage recapture, le nombre le plus élevé possible de poissons marqués doit être recapturé. Si, dans le cadre de cette étude, peu d'individus ont été capturés en terme de nombre (219), beaucoup ont été capturés en terme de biomasse (265 kg).

4.5 La brème et les noues

Parmi les individus entrant dans la noue, on distingue clairement plusieurs types de passages. Le plus évident est celui de la migration. Les classes de tailles étant grandes et la fréquence des individus présentant des boutons nuptiaux étant élevée, on constate que cette migration s'effectue dans un but reproductif. Les poissons se dirigent vers la noue pour frayer. Cette migration s'est déroulée durant la deuxième quinzaine de mai alors que la température de l'eau atteignait 16.6°C.

Il existe aussi un, voir deux autres types de passages qui surviennent en tout temps. On observe durant les trois mois de l'étude que des individus dont la taille est comprise entre 50 et 450 mm entrent dans la noue. Il est difficile de déterminer avec précision quelle est la motivation qui pousse les brèmes du premier groupe à entrer dans la noue. Ces passages sont certainement divisés en deux catégories : les individus entrant par hasard et les individus blessés, entrants peut-être dans la noue dans le but de s'y réfugier. En effet, les observations personnelles menées dans le cadre de ce travail ont permis de constater que nombre des poissons piégés dans la nasse présentent des blessures avancées, c'est-à-dire dont l'origine remontait à plusieurs jours. Il est possible que les poissons blessés quittent la noue pour ne pas avoir à lutter contre le courant.

Parmi les individus quittant la noue, 91 % ont un âge compris entre 2 et 5 ans, et les pêches au filet maillant dans la noue ont révélé la présence de toutes les classes d'âge, exception faite des brèmes de 4, 5 et 6 ans. La sélectivité des échantillonnages et la faible quantité de poissons pêchés ne nous permet pas de savoir si l'absence des individus de 4, 5 et 6 ans peut s'expliquer par une action volontaire des poissons. Nos résultats ne vont donc pas dans le sens de ceux de Molls et ses collaborateurs.(1999), qui ne rencontraient dans les annexes aucun poisson dont la l'âge était compris entre 2+ et 4+. Nos résultats semblent être en accord avec ceux de Hohausová (2003) qui lui retrouvait également ces classes d'âges dans les annexes.

Si nous connaissons la biomasse de brème qui entrent dans la noue pour frayer, nous ne connaissons pas la biomasse de poissons qui était présente dans cette noue avant l'étude, puisque la biomasse présente dans l'annexe n'a pas pu être évaluée. Nous ne pouvons donc pas savoir dans quelle mesure la noue de Tailfer est utile au recrutement de la brème en Haute Meuse.

Cinquième partie:
conclusions et perspectives

Le but de ce travail, réalisé entre autre en réponse à une demande des pêcheurs, visait d'une part à déterminer certains paramètres de dynamique de population et à évaluer les densités et biomasse de brème commune en Haute Meuse belge et, d'autre part, à caractériser les migrations de cette espèce vers les annexes.

La longueur asymptotique des brèmes mosanes est certainement légèrement surestimée suite à la rareté d'individus âgés à croissance lente dans l'échantillon. Il est évident que les engins de captures utilisés dans le cadre de ce travail ne permettent pas de fournir un échantillonnage parfaitement représentatif de la population en place. Malheureusement, comme les filets de senne sont inutilisables dans le fleuve, nous sommes forcés de nous contenter des techniques traditionnelles. Toutefois, en variant les techniques et en multipliant les efforts de captures, nous pensons être arrivés à une bonne approximation de ce que doit être la population en place. Par ailleurs, le nombre de captures de brèmes se montrant très variable d'une technique à l'autre, nous ne pouvons que conseiller aux autres scientifiques devant pêcher ce poisson de se limiter aux plus efficaces, c'est-à-dire la nasse et les filets maillants, et un piégeage dans les échelles à poissons, si celle-ci fonctionnent bien.

Au vu des densité et biomasse de brèmes communes évaluées dans le bief de Tailfer, nous constatons que ce poisson y est présent en quantité relativement abondante. Malheureusement, aucune évaluation du stock de cette espèce n'ayant été réalisée auparavant en Haute Meuse, nous ne sommes pas en mesure de comparer nos résultats à des données préalables. Notre étude est dès lors une vision statique de la population, nous ne pouvons pas savoir si la brème commune est en régression ou en expansion en Haute Meuse. Nous ne pouvons comparer nos valeurs de biomasse qu'à des valeurs de biomasse d'autres plans d'eau. Cependant, nos données pourront être comparées à d'éventuelles études ultérieures en Haute Meuse. Nous obtiendrons alors une vision dynamique qui renseignera sur l'évolution de la population. Même si de telles études sont lourdes, tant d'un point de vue financier que d'un point de vue d'activités de terrain, elles devraient idéalement se généraliser à la majorité des espèces mosanes afin de fournir des données sur la dynamique des stocks. Ces renseignements pourraient alors certainement apporter de précieuses informations quant à l'éventuel impact de la prédation du Grand Cormoran sur les populations ichtyologiques.

D'autre part, l'étude des migrations a montré qu'il y a deux grands types de passage du fleuve vers la noue : le premier groupe, composé de brèmes dont la taille est inférieure à 400 mm et le deuxième groupe, composé de brèmes dont la taille est supérieure à 400 mm. Il est difficile de déterminer avec précision quelle est la motivation qui pousse les brèmes du premier groupe à entrer dans la noue. Par contre, il apparaît clairement que les poissons du second groupe se dirigent vers la noue dans le but de réaliser le frai. Enfin, nous ne connaissons pas les facteurs qui indiquent aux poissons qu'une noue se trouve derrière la connexion, des renseignements à ce sujet permettraient sans doute de mieux comprendre leurs mécanismes migratoires.

Si nos résultats ne nous permettent pas de mettre en évidence le fait que la brème tend à développer des stocks permanents dans les annexes, ils nous permettent par contre d'affirmer que, en contradiction avec d'autres études, les poissons d'âge 2+ à 4+ sont bien représentés dans la noue de Tailfer. Nous constatons toutefois que les sorties de brèmes de la noue vers le fleuve sont principalement limitées à des classes d'âges précises, c'est-à-dire des poissons dont l'âge est compris entre 4 et 6 ans. Nous ne sommes pas en mesure de définir pourquoi les sorties sont limitées à ces classes d'âges.

Des questions restent en suspend : la tendance de la brème commune à développer des stocks permanents dans les annexes se confirme-t-elle pour la noue de Tailfer ? Cela lui confère-t-elle un réel avantage écologique ? A quoi peut être due la rareté des individus de certaines cohortes ?

Des études ultérieures sur les mouvements de poissons entre le fleuve et les noues pourraient apporter de précieuses informations sur l'importance de ces noues dans la pérennité des différentes espèces de poissons, notamment les espèces phytophiles strictes qui y trouvent les végétaux nécessaires à la ponte.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Backiel, T. & Zawisza, I., 1968. Synopsis of biological data on the bream, *Abramis brama* (L.) *FAO Fisheries Synopsis* **36**, 1-122.

Bailey N.T.J., 1951. On estimating the size of mobile population from capture-recapture data. *Biométrie* **38**, 293-306.

Begon M., 1980. Investigating animal abundance. Capture recapture for biologists. Edward Arnold, London. 97 p.

Bertalanffy L. Von, 1934. Untersuchungen über die Gesetzmäßigkeiten des Wachstums. 1. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Roux' Arch. Entwick-lungsmech.Org.*, 131 : 613-53.

Borcherding J., Beauerfeld M., Hintzen D., and Neumann D., 2002. Lateral migrations of fishes between floodplain lakes and their drainage channels at the Lower Rhine: diel and seasonal aspects. *Journal of Freshwater Biology* **61**, (5) 1154-1170.

Carlander K.D., 1987. A history of scale age and growth studies of north american freshwater fish. In: Age and growth of fish, Iowa state university press / ames. Summerfelt R.C., Des moines (Iowa, usa), 3-14.

Colin S. Reynolds & Paul A. Carling, 1991. Flow in river channels: new insights into hydrolic retention. *Arch. Hydrobiol.* **121**, (2) 171-179.

Dagnelie P., 1970. Statistiques théoriques et appliqués, volume 2. *Presses agronomiques de Gembloux*, Gembloux . 451p.

Dauba, F. & Biro P., 1992. Growth of bream, *Abramis brama* L., in two outside basins of different trophic state of Lake Balaton.. *Int. Rev. Gesamt. Hyrdobiol.* **77**(2):225-235.

De Bont A., 1967. Some aspects of age and growth of fish in temperate and tropical waters. In Tech. *Biological basis of freshwater fish production* (Gerking, S.D., ed.), 67-68.

Didier J. & Micha J.-C., 1996. Dynamique de population du gardon en Meuse et stratégie de gestion. Presses universitaires de Namur, Namur 103 p.

Cernisencu, I. and Staras M., 1992. Valorificarea durabila a resurselor piscicole - pricipiu de baza in practicarea pescutului in Delta Dunarii.. *Analele Stiintifice ale Institutului- Delta Dunarii.*

Evrard G. & Micha J.-C., 2003. Dynamique des populations de gardons en Meuse namuroise après arrêt des repeuplements. Presses universitaires de Namur, Namur. 32 p.

Evrard G., 2002. Rapport d'étude au ministère de la Région Wallonne Evaluation des caractéristiques de la population de gardons (*Rutilus rutilus* L.) en Meuse namuroise après arrêt des repeuplements. 65 p.

- Fauville C., Campeau S., Licursi M. & Gosselain V., 2001.** Développement et normalisation d'un « *indice biologique diatomées* ». Rapport final. Ministère de la région wallone, facultés universitaires notre dame de la paix, U.R.B.O.
- Hellawell J.M., 1969.** Age determination and growth of the grayling (*Thymalus thymalus* (L.)) of the river Lugg, Herefordshire. *J. Fish Biol.*, **1**, 373-382.
- Galerida N., Raikova-petrova & Zivkov M.T., 1998.** Growth self-regulation : a reason for the variability of fish condition indices. *Internat. Revu. Hydrobiol.* **83** : 599-602.
- Grift R.E., Buijset A.D., Klein Breteler J.G.P., van Densen W.L.T., Machiels & Backs J.J.G..M., 2001.** Migration of bream between the main channel and floodplain lakes along the lower River Rhine during the connection phase. *Journal of freshwater biology* **59**, 1033-1055.
- Goffaux D., Breine J., Roset N., De Leeuw J., Belpaire, C., Oberdorff T. Monnier D. Allemand P., Micha J.C. & Kestemont P., 2001.** A biotic index of fish integrity to evaluate the ecological quality of lotic ecosystems – application to the Meuse River basin. Life 97 ENV/B/000419, Final report, technical part, 170 p.
- Gulland J., 1969.** Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie- Analyse des populations FAO, Rome, 160p.
- Henry F.** Pisciculture (élevage extensif et semi-extensif). Lessive.
- Hohausová E. Copp G.H. Jankovsky P., 2003.** Movement of fish between a river and its backwater: diel activity and relation to environmental gradients. *Ecology of Freshwater Fish* **12**, 107-117.
- Huet M., 1949.** Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz. Hydro.* **11**, 332-351.
- Jeppesen E., Jesen J.P., Sondergaard M., Fenger-gron M., Bramm M.E., Sandby K., Moller P.H. & Rasmussen H.U., 2004.** Impact of fish predation on cladoceran body weight distribution and zooplankton grazing in lakes during winter. *Freshwater biology* **49**, 432-447.
- Kangur P., 1996.** On the biology of bream, *Abramis brama* (L.) in lake Peipsi in 1994. *Hydrobiologia* **338**, 173-177, 1996.
- Lammens E., Van Nest E., Mooi W., 2002.** Differences in three shallow lake systems and their relation to water quality. *Journal of fresh water biology* **47**, 2435-2442.
- Lucas M.C. & Baras E., 2001.** Migration of freshwater fishes. Oxford: Blackwell Science Ltd. 420 p.
- Mann R.H.K., 1996.** Environmental requirement of European non-salmonid fish in rivers. *Hydrobiologia* **323**, 223-235.
- Matenova V., Kubecka J., Matena J. Seda J., 1998.** Growth rate of the common bream in lowland European reservoirs with different fish density. *Internat. Rev. Hydrobiol.* **83** 585-590.

Micha J.-C. & Pilette S., 1988. L'impact de l'homme sur l'écosystème Meuse. Presses universitaires de Namur, Namur. 140 p.

Molls F., 1999. New insights into the migration and habitat used by bream and white bream in the floodplain of the river Rhine. *Journal of fish biology* **55**, 6 1187-1200.

Northcote T.G., 1998. Migratory Behaviour of Fish and its Significance to Movement through Riverine Fish Passage Facilities. In : M. Jungwirth, S. Shmuts et S. Weiss (Eds) : "Fish migration and fish bypasses". *Fishing News Books*, Blackwell science Ltd. Oxford, Grande Bretagne : 3- 18.

Ombredane D., Baglinière J.L., 1992. Les écailles et leurs utilisation en écologie halieutique. In « Tissus durs et âge individuel des vertébrés ». Colloque national Bondy, France, 4-6 mars 1991. Baglinière J.L., Castanet J., Conand F., Meunier F.J. (Eds), ORSTOM – INRA, Paris, 151-192.

Paquet J.Y., 2000. Faut-il avoir peur du Viking noir ? Le grand cormoran en wallonie. *Parcs et réserves* **55** (1) : 16-19.

Pauly D. & Moreau J., 1997. Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Cépaduès-éditions, Toulouse, 288 p.

Pauly, D., 1979 : Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula.. *Berichte des Instituts für Meereskunde an der Christian-Albrechts Universität Kiel*, (63). 156 p.

Philippart J.-C. ; Poncin P. & Ruwet J.C., 1996. Territorial and non-territorial spawning behaviour in the Bream, *journal of freshwater biology* **49**, 622-626.

Philipart J.-C. ; Rimbeau G., 2000. Rapport au ministère de la Région Wallonne. Convention pour le suivi scientifique de la réhabilitation du Saumon de l'Atlantique dans le bassin de la Meuse. Projet « Meuse Saumon 2000 ». Ulg (U.L.D.P.A.) 44p.

Pourriot R., Rougier C. et Miquelès A., 1997. Origin and development of river zooplankton : example of the Marne. *Hydrobiologia* **345**, 143-148

Prignon C., Micha J.-C. & Gillet A., 1998. Biological and Environmental Characteristics of fish passage at the Tailfer Dam on the Meuse River, Belgium. Fish migratory and fish bypasses. *Fishing new books* 69-84.

Ricker W., 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. Blackwell science public. Oxford, 348 p.

Schnabel Z.E., 1938. The estimation of the total fish population of a lake. *The American Mathematical Monthly*, vol. 45 : 348-352.

Soyeur R., 2004. Quand la douleur nous égare... . Le pêcheur belge. Décembre 2003. N°10 p. 39-40.

- Sparre p. & Siebren C. Venema, 1996.** Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. FAO, Rome, 401 p.
- Steinmetz B, Müller R., Grieder-Kühn C., 1991.** An atlas of fish scales, non-salmonid species found in european fresh waters. Samara publishing, Great Britain, 50 p.
- Szczerbowski J. A., 1995.** Coauteurs : Boguslaw Zdanowski, Andrzej Krüger, Wiktor Dembinski, Krzysztof Goryczko, Konstanty Lossow, Ryszard Bartel, Maria Studnicka & Janusz Zamojski. Inland fisheries in Poland, Wydawnictwo. 544 p.
- Tarbe A.L., 2002.** Mémoire: Etude du régime alimentaire du grand cormoran, *Phalacrocorax carbo sinensis* hivernant dans le bassin Mosan belge. 85 p.
- Tierney D., Donnelly R.E. & Caffrey J..M, 1999.** Growth of bream, *Abramis brama* (L.), in Irish canals and implications for management. *Fisheries management and Ecology*, **6** 487-498.
- Treer T., Opacak A., Anicic I., Safner R., Piria M. & Odak T., 2003.** Growth of bream *Abramis brama*, in the Croatian section of the Danube. *Czech J. Anim. Sci.* **48** (6) 251-256.
- Trollet B., 1999.** Répartition du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) en Europe. *Gibier Faune Sauvage* 16 (3) 177-223.
- Wheeler A., 1978.** Key of the fishes of Northern Europe. Frederic Warne ltd. London. 380p.
- Winter H.V. & Fredrich F., 2003.** Migratory behaviour of ide: a comparison between the lowland rivers Elbe, Germany and Vecht, The Netherlands. *Journal of fish biology* **63** 871-880.
- Zivkov M.T., Trichkova T.A. & Raikova-Petrova G.N., 1999.** Biological reasons for the unsuitability of growth parameters and indices for comparing fish growth. *Environmental biology of fishes* **54** : 67-76.

SECRETARIAT BIOLOGIE
F.U.N.D.P.
Rue de Bruxelles, 59
B 5000 NAMUR (Belgique)
Tél. 081 / 72 44 18 - Fax 081 / 72 44 20

25 AOUT 2004